

Klimaatneutraal en circulair waterbouwasfaltbeton

Onderdeel: (Half)warm waterbouwasfaltbeton



Klimaatneutraal en circulair waterbouwasfaltbeton

Onderdeel: (Half)warm waterbouwasfaltbeton

Klimaatneutraal en circulair waterbouwasfaltbeton

Onderdeel: (Half)warm waterbouwasfaltbeton

Opdrachtgever	RWS-WVL
Contactpersoon	Myron van Damme (RWS-WVL)
Referenties	Strategie Klimaat neutrale en Circulaire Infrastructuurprojecten (KCI)
Trefwoorden	(Half) warm waterbouwasfalt, levensduurmodel, circulair

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	10-08-2023
Projectnummer	11209262-004
Document ID	11209262-004-ZWS-0001
Pagina's	30
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

Frans van den Berg		
Bernadette Wichman		

Samenvatting

Doel onderzoek

Ten aanzien van het toepassen van Waterbouw AsphaltBeton (WAB) op de Nederlandse waterkeringen zal een transitie plaats vinden van het toepassen van hoge temperatuur-/hete mengsels naar lagere temperatuur mengsels als onderdeel van klimaatneutraal en circulair waterbouwasfalt. Het doel van dit rapport is om meer inzicht te verschaffen in de mogelijkheden voor het toepassen van (Half) Warm WaterbouwAsfaltBeton ((H)WWAB) als dijkbekleding.

Het in dit rapport beschreven uitgevoerde onderzoek maakt deel uit van een groter onderzoek naar de toepassing van (half) warm waterbouwasfaltbeton ((H)WWAB) op waterkeringen, zie Bijlage A. Dit grotere onderzoek bestaat uit meerdere werkpakketten; het huidige onderzoek betreft werkpakket 1: selectie dijkvakken voor uitvoeren onderzoek, opstellen van een plan voor verbetering van het levensduurmodel, vervaardigen van proefstukken WWAB, ophalen van ervaringen uit de wegenbouw en het organiseren van een workshop.

Dijkvakkenselectie

Voor nader onderzoek zijn 3 dijkvakken geselecteerd met oud en heet WAB. Het betreft de volgende drie dijkvakken:

Name dike section	Waterschap	jaar van aanleg
Eemshaven 49-1 (2B)	Noorderzijvest	1970
t Schoor - Wierum	Wetterskip Fryslân	1976
Heiderse zeekering, Kaaphoofd	HHNK	1968

Ervaringen uit de wegenbouw

Bij Rijkwaterstaat is in de wegenbouw al vele jaren ruime ervaring met het toepassen van (half)warme mengsels voor snelwegen. Vele proefvakken zijn beproefd door het Innovatie Test Centrum van RWS met positieve resultaten. De informatie betreffende de ontwikkelingen en testresultaten wordt echter door de verschillende producenten niet gedeeld uit concurrentieoverwegingen. Ook voor RWS is het momenteel niet mogelijk om alle informatie te delen.

Op basis van openbare informatie kan worden gesteld dat de diverse eigenschappen (sterkte, draagkracht, veroudering, etc.) zoals deze in de wegenbouw voor halfwarm asfalt worden vereist minimaal dezelfde zijn als voor het conventionele hete asfaltmengsel en zodoende voldoen deze mengsels dus aan de gestelde normen voor het conventionele hete asfalt. Toch zijn er wel eens kwaliteitsverschillen geconstateerd tussen warme en hete mengsels t.a.v. bijvoorbeeld de sterkte in de indirecte trekopstelling na een vocht- en vorst/dooibehandeling.

Plan levensduurmodel

Er is een plan opgesteld voor verbetering van het levensduurmodel. Beschreven is in hoeverre het vigerende levensduurmodel kan worden uitgebreid met meer verklarende variabelen, zodat het model breder toepasbaar wordt, te weten ook voor heet WAB (Waterbouw AsphaltBeton) met een 50% of meer recyclingfractie en onder voorwaarden ook voor (half) warm WAB.

Voor het bruikbaar maken van het levensduurmodel voor (half) warm WAB zullen zowel op mengselniveau (sterkte) als componentniveau (bitumenkwaliteit) testen worden uitgevoerd. Proeven op oud heet WAB uit de drie geselecteerde dijkvakken dienen als referentie en geven tevens inzicht in de invloed van de bitumenkwaliteit op de verschillen in veroudering van deze drie dijkvakken, met name de afname in buigtreksterkte.

Vervaardigen proefstukken

Om alvast gesteld te staan voor nader laboratoriumonderzoek is in deze fase van het onderzoek een aantal warm WAB-monsters vervaardigd. Deze staan klaar in het laboratorium van AsphaltNu in Culemborg.

Op 22 juni 2023 is de startbijeenkomst van een klankbordgroep met beheerders gehouden. Hierbij stond de volgende vraag centraal: Wanneer is er voldoende vertrouwen t.a.v. toepassing (half)warm WAB en welke kennis is (nog) nodig? Uit de discussie is een aantal zaken naar voren gekomen die in het rapport zijn vermeld.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
1.1	Context en aanleiding	7
1.2	Doel	7
1.3	Aanpak	8
1.4	Opbouw rapport	8
2	Ervaringen vanuit de wegenbouw	9
2.1	Vraagstelling	9
2.2	Ervaringen	9
2.2.1	LEAB	10
2.2.2	GreenwayLE	12
2.3	Conclusie	15
3	Dijkvakkenselectie t.b.v. versterken van basiskennis WAB	16
3.1	Inleiding en aanpak	16
3.2	Dijkvakselectie	16
4	Plan verbetering levensduurmodel met benodigd labonderzoek	18
4.1	Inleiding	18
4.2	Historie levensduurprognose heet WAB	18
4.2.1	Levensduur	18
4.2.2	Buigtreksterkte	19
4.3	Stappen onderzoek levensduur (half) warm WAB	20
4.3.1	Parameters	20
4.3.2	Aanpak	21
4.3.3	Onderzoek natuurlijke veroudering	21
4.3.4	Referentie voor bitumenkwaliteit	23
4.3.5	Water- en vorstgevoeligheid	23
4.3.6	Proeven op (half) warm WAB ten behoeve van uitbreiding levensduurmodel	23
5	Vervaardigen proefstukken warm WAB	25
6	Startbijeenkomst met klankbordgroep	26
	Referenties	27
A	Overzicht gehele onderzoek	28
B	Verslag van de startbijeenkomst	29

1 Inleiding

1.1 Context en aanleiding

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft met Rijkswaterstaat en ProRail de Strategie Klimaat neutrale en Circulaire Infrastructuurprojecten (KCI) opgesteld. Dit vanuit de ambitie om als grote opdrachtgevers van infraprojecten in 2030 volledig klimaatneutraal en circulair te werken, met hoogwaardig hergebruik van alle materialen en halvering van het gebruik van primaire grondstoffen. Zo wordt tevens de uitstoot van fijnstof en stikstof verlaagd.

Tevens hebben de asfaltproducenten¹ aan de branche medegedeeld dat de asfaltsector stopt met productie op hoge temperaturen. Zodoende dat ook de beheerders van keringen met asfaltdijkbekledingen zich hierop moeten voorbereiden. Een belangrijke middel in het terugdringen van de energiebehoefte en daarmee de CO₂-emissie bij de productie van asfalt is het verlagen van de productietemperaturen.

Voor het toepassen van Waterbouw AsfaltBeton (WAB) op de Nederlandse waterkeringen zal dus een transitie plaats dienen te vinden van het toepassen van hoge temperatuur-/hete mengsels naar lagere temperatuur mengsels als onderdeel van klimaatneutraal en circulair waterbouwafalt.

Op basis van de EAPA ²indeling en ervaringen binnen Nederland is de CROW LT-werkgroep voor Nederland tot de volgende indeling gekomen.

Tabel 1.1 Indeling op basis van productietemperatuur (CROW).

Mengselbenaming	Productie- en verwerkingstemperatuur [°C]
Koud asfalt (KA)	Omgevingstemperatuur
Half warm asfalt (HWA)	<110
Warm asfalt (WA)	110 – 140
Heet asfalt (HA)	>140

1.2 Doel

Het doel van dit rapport is om meer inzicht te verschaffen in de mogelijkheden voor het toepassen van (Half) Warm WaterbouwAsfaltBeton ((H)WWAB) op waterkeringen.

Onderhavig rapport is het resultaat van werkpakket 1 uit een groter onderzoek naar de toepassing van (half) warm waterbouwafalbteton ((H)WWAB) op waterkeringen. Dit grotere onderzoek is samengevat in Bijlage A en bestaat uit meerdere werkpakketten.

Dit grotere onderzoek heeft de volgende doelen:

1. Versterken inzicht in levensduur WAB en relatie met bitumenkwaliteit.
2. Beschikbaar krijgen van (half) warm WAB voor waterkeringen.
3. Maximaal benutten hergebruikpotentie van bestaande asfaltdijkbekledingen.
4. Opdoen van vertrouwen in (half) warm WAB en productiemethoden door beheerders.
5. Verspreiden en actualiseren van kennis over funderingslagen voor asfaltdijkbekledingen.

¹ [Asfaltsector stopt per 2025 met productie wegbouwafalt op hoge temperatuur - Bouwend Nederland](#)

² European Asphalt Pavement Association

1.3 Aanpak

Om het doel te bereiken en aan te sluiten op het grotere onderzoek naar de toepassing van (half) warm waterbouwasfaltbeton ((H)WWAB) op waterkeringen zijn een vijftal acties uitgevoerd:

- 1) Drie referentie dijkvakken zijn geselecteerd waar het te ontwikkelen (H)WWAB zou kunnen worden toegepast. Deze referentievakken met heet WAB hebben een hoge leeftijd en zullen op levensduuraspecten worden onderzocht.
- 2) Het inwinnen van ervaringen vanuit wegebouw met (half) warm asfalt door middel van een beknopte literatuurstudie.
- 3) Plan maken om een verbeterd levensduurmodel te ontwikkelen, inclusief plan voor het benodigde laboratoriumonderzoek.
- 4) Er zijn drie WAB mengsels gemaakt, waarvan twee bij een lagere productietemperatuur (zijnde warm WAB, met verschillende mate van verdichting) en één heet WAB met identieke samenstelling als referentie, met als doel dit WAB in het kader van een ander werkpakket uit het grotere onderzoek te beproeven. Hiertoe zijn per mengsel 12 proefcilinders vervaardigd voor nader (laboratorium)onderzoek.
- 5) Inrichting en startbijeenkomst van een klankbordgroep met beheerders die de verschillende fasen van de beoogde kennisontwikkeling gaat beoordelen. Hierbij staat de vraag centraal: Wanneer is er voldoende vertrouwen in de toepassing Half Warm WAB?

1.4 Opbouw rapport

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de verschillende ervaringen met (half)warm asfalt in de wegebouw. In hoofdstuk 3 wordt een beschrijving gegeven van selectie van de drie referentiedijkvakken ten behoeve van het nadere onderzoek op levensduuraspecten. In hoofdstuk 4 wordt de aanpak gegeven voor de ontwikkeling van een levensduurmodel voor (H)WWAB inclusief het benodigde laboratoriumonderzoek. Hoofdstuk 5 geeft een beschrijving van de vervaardigde WWAB mengsels. In het laatste hoofdstuk, hoofdstuk 6 worden de resultaten beschreven van de startbijeenkomst met de klankbordgroep.

2 Ervaringen vanuit de wegenbouw

2.1 Vraagstelling

In de wegenbouw is al meer dan 20 jaar ervaring met lage-/ (half)warme asfaltmengsels (Van den Berg, 2022). In dit hoofdstuk zullen de ervaringen worden beschreven, voor zover aanwezig, die ook van toepassing kunnen zijn op waterbouwasfaltbeton.

2.2 Ervaringen

Benodigde informatie

Rijkswaterstaat heeft in de loop der jaren veel informatie verzameld over de toepassing van deze mengsels in proefvakken en wegdelen. Informatie die van belang kan zijn is onder andere:

- Hoe is de verwerking van het asfalt verlopen?
- Hoe verhouden de eigenschappen van wegenbouwasfalt zich tot WAB, denk hierbij aan:
 - Gerealiseerde verdichting uitgedrukt in holle ruimte percentage (bij lagere temperatuur WAB is wens 3%).
 - Samenstelling en gradering.
 - Bitumen eigenschappen getest met pen/ring & kogeltemperatuur, ook in de tijd als veroudering optreedt.
 - Levensduur eigenschappen.

Vragen die in een later stadium beantwoord kunnen worden zijn onder andere:

- Het vergelijken van de mechanische eigenschappen, omdat deze sterk van de temperatuur en frequentie afhangen en het soort proef.
- De diverse masterkrommes (stijfheid mengsel als functie van temperatuur en frequentie) zijn wellicht wel bruikbaar, mits eerst voorgaande is vergeleken.

De informatie die is opgedaan bij de verschillende asfaltproducenten is in de meeste gevallen nog niet openbaar uit concurrentieoverwegingen en wordt als vertrouwelijke bedrijfsinformatie beschouwd. Wat momenteel wel al openbaar is wordt in de hoofdstuk vermeldt.

Mengsels

Rijkswaterstaat heeft de afgelopen jaren in de wegenbouw ervaringen opgedaan met asfaltmengsels die geproduceerd worden op een lagere temperatuur dan de conventionele asfaltmengsels.

Voor enkele producten is door middel van een validatietraject vastgesteld dat zij dezelfde prestatie leveren als de conventionele heet-asfalt-variant. Deze mengsel mogen worden toegepast op de projecten van Rijkswaterstaat. Tabel 2.1 geeft een overzicht van deze mengsels en hun relevante kenmerken.

Tabel 2.1 Overzicht LTA mengsels RWS (bron; lijst met gevalideerde producten RWS-GPO Steunpunt W&G).

Mengsel (naam)	Mengseltype	Hergebruik (PR)	Producent	Productie temperatuur	TRL	Techniek	Classificatie (CROW)
LEAB	Onder-, tussenlaag	50%	BAM	Ca 100 °C	9	Schuim-bitumen	Half-warm
LEAB	AC Deklaag	30%	BAM	Ca 100 °C	9	Schuim-bitumen	Half-warm
Greenway LE	Onder-, tussenlaag	60%	Heijmans	Ca. 110 °C	9	WAM procedé	Half-warm
LEAB-PA+	ZOAB deklaag	Geen	BAM	Ca 100 °C	8	Schuim-bitumen	Half-warm
DZOAB Genicel ³ (Asfalt, 2012)	ZOAB deklaag	Geen	KWS	Ca 130 °C	-	Wax	Warm

In de volgende subparagrafen wordt er nader ingegaan op de mengsels LEAB en Greenway LE. Veel van deze informatie is afkomstig uit (Van Vilsteren, 2023).

2.2.1 LEAB

Het asfaltmengsel LEAB (Laag Energie Asfalt Beton) kan bij een temperatuur van 95 – 115°C worden vervaardigd en valt dus onder de halfwarm vervaardigde asfaltmengsels. LEAB wordt gemaakt met exact dezelfde bouwstoffen als conventioneel (heet) geproduceerde asfaltmengsels. Het mengsel wordt vervaardigd door Asfalt NU, maar ook andere aannemers kunnen het product bij de asfaltproducent bestellen.

Geschiedenis

Het LEAB procedé werd in 2005 op de markt geïntroduceerd. Tot nu toe zijn er 12 functionele type onderzoeken op LEAB-mengsels uitgevoerd. Er is ruime ervaring aanwezig met het vervaardigen en aanbrengen van deze mengsels. Er zijn 95 werken met LEAB-mengsels gemaakt. Een aantal van deze werken bestaan onder andere uit delen van de A12, A2, A4, A18 en A59. Hiervoor is ca. 200.000 ton LEAB geproduceerd. Er is een productie en verwerkingsvoorschrift opgesteld ten behoeve van LEAB.

In september 2013 is een aanvraag tot gelijkwaardigheidsverklaring gedaan. In februari 2014 is voor toepassing van LEAB base/bin door Rijkswaterstaat een gelijkwaardigheidsverklaring afgegeven.

Proefvak A4 en A18

In 2014 is door de BAM een proefvak aangelegd met LEAB+ (Cobouw, 2014) aangelegd bij de verbreding van de A4 tussen Burgerveen en Leiden. Het asfaltmengsel is geproduceerd met een schuubitumengenerator bij 100° C.

Marcel Sprenger en Remy van den Beemt, respectievelijk projectorganisator en hoofd laboratorium bij BAM Wegen, presenteerden op de CROW Infradagen de voorlopige resultaten van het onderzoek op de A18 (Springer, MLM & Van den Beemt, 2014).

³ Genicel, een door ESHA geïmporteerde vezel uit Duitsland met een wax. De wax heeft vergelijkbare eigenschappen als bitumen waardoor beide één geheel vormen. De gecombineerde viskeuze eigenschappen leiden tot een lagere viscositeit bij gebruikelijke productietemperaturen en een hogere viscositeit bij omgevingstemperaturen.

“De prestaties van LEAB+ voor wat betreft waterdoorlatendheid, stroefheid en weerstand tegen rafeling zijn zelfs beter. Maar de watergevoeligheid van het laag-energie-asfalt is significant slechter. Dat hadden de onderzoekers niet verwacht. Sprenger en Van den Beemt waarschuwen dat nog geen definitieve conclusies getrokken kunnen worden. Zij verwachten dat de veroudering van LEAB+ later zal optreden dan van ZOAB+. Dat komt door een lagere initiële veroudering door de lagere temperatuur. Uit de proef op de A18 kwam ook naar voren dat de stijfheid van LEAB+ weliswaar na zes maanden hetzelfde niveau bereikt als van ZOAB+, maar direct na de aanleg lager is. Dat past bij de goede weerstand tegen rafeling. Het LEAB+ voor de A18 is in het westen van het land bij 105 tot 110 graden Celsius geproduceerd. Na transport is het op locatie verwerkt bij 95 tot 100 graden. Dat verschil zal op de A4 kleiner zijn. Het onderzoek past in het 3D-concept van BAM Wegen (duurzaam, doorstroming en decibellen). Het leidt tot energiebesparing en een aanzienlijke beperking van de emissie van CO2.” (Cobouw, 2014)

Kritische succesfactoren

- Bij de productie van het mengsel is het van belang dat:
 - Er een juiste werking is van de schuimunit.
 - De juiste kwaliteit schuim wordt toegepast.
 - De juiste hoeveelheid te doseren bitumen wordt toegepast.
 - De schuimunits kunnen verstopt raken, hier dient tijdig actie op genomen te worden.
- Rekening moet worden gehouden met het beschikbare temperatuurverdichtingsvenster, dat bij LEAB-mengsels verschoven is en iets kleiner is dan bij de productie van hete mengsels.
- Ten opzichte van conventioneel asfalt wordt het energieverbruik en de CO2-uitstoot met zo'n 30% gereduceerd.

Verdere ontwikkeling en onderzochte eigenschappen

In 2007 is BAM Wegen gestart met de ontwikkeling van lage temperatuur ZOAB (LEAB PA), maar pas in 2010 is mede door toepassing van een nieuw additief in het mengsel een resultaat bereikt dat geschikt is voor introductie in de praktijk op zwaarbelaste wegen.

Het eerste project bij het Innovatie Test Centrum (ITC) waarin LEAB-PA+ werd toegepast betreft het op 16 november 2010 aangelegde traject op de N314 bij Zutphen (km 33,5-km 34,4).

Doordat de ervaringen met het proefvak op de N314 positief waren, is in april 2013 een nieuw ITC-project opgestart waarbij 3 nieuwe proefvakken LEAB-PA+ zijn gerealiseerd:

- In april 2013 op de A18 HRL tussen Varsseveld en Doetinchem van km 209,690 tot km 209,250.
- In juli 2014 op de A4 HRR ter hoogte van Leiden (aansluiting N206) van km 34,140 tot km 34,500 en.
- In mei 2017 op de A59 HRR tussen Den Bosch en Oss van km 149,307 tot km 147,930.

Overigens zijn in de loop der tijd ook op andere locaties LEAB-PA toegepast in de vorm van DZOAB 16, 2L-ZOAB 8 en 2L-ZOAB 16.

De eigenschappen die onderzocht zijn, zijn:

- (1) Mengselsamenstelling.
- (2) Productie, verwerking en oplevering.
- (3) Onderzoek op kernen uit de proefvakken.
- (4) Visuele inspectie.
- (5) Reductie in gas- en energieverbruik.
- (6) MKI.
- (7) Geluidreductie.

- (8) Rafelingsweerstand.
- (9) Stroefheid en remvertraging.

Voor wat betreft de doorkijk naar WAB zijn de belangrijkste conclusies:
“Wat wél blijkt is dat de splijtsterkte van het mengsel en de hardheid van het bitumen in LEAB-PA mengsels lager zijn dan van de referentievakken met DZOAB. Dit wijst erop dat tijdens productie en verwerking van LEAB-PA+ er minder veroudering van het bindmiddel optreedt dan bij de DZOAB”.

Ook het DSR-onderzoek⁴ op teruggewonnen mastiek uit de boorkernen laat zien dat de glijdingsmodulus G^* van de LEAB-PA+ mastiek over het algemeen kleiner is dan van de DZOAB⁵. Het verschil in G^* direct na aanleg is ook na een aantal jaren aanwezig, al neemt het verschil in de loop der tijd langzaam af. Op basis van de LOT-theorie⁶ kan geconcludeerd worden dat een LEAB-PA+ als gevolg van een flexibelere mastiek (=lagere G^*) een hogere weerstand tegen rafeling en dus een langere levensduur-verwachting zal hebben dan een heet geproduceerde DZOAB. De levensduurtoename wordt geschat op 2 jaar. Helaas zijn de proefvakken nog niet oud genoeg om dit te bevestigen.

Inmiddels is er ook ervaring met ZOAB, SMA en AC surf mengsels. Er is tot en met 2019 zo'n 660.000 ton LEAB geproduceerd en verwerkt. Door de lagere productietemperatuur kan het asfalt ook bij een lagere temperatuur verwerkt worden.

In 2020 heeft het AsfaltKwaliteitsLoket van de CROW geverifieerd dat de “LEAB-mengsels zowel initieel als op termijn dezelfde civieltechnische eigenschappen hebben als heet geproduceerde asfaltmengsels”. Deze beoordeling is uitgevoerd op TRL-niveau 9.

2.2.2 GreenwayLE

Het GreenwayLE mengselprocedé is ontwikkeld voor de productie van asfalt bij een lagere temperatuur (ca. 105 °C) waarbij een hoog percentage (60%) oud asfalt kan worden hergebruikt.

Bij het vervaardigen van dit mengsel dient er voor wat betreft het asfaltgranulaat extra aandacht besteed te worden aan de homogeniteit en de kwaliteit ten behoeve van het nieuwe mengsel.

Onderzochte eigenschappen

Eind 2012 is een tweetal wegvakken voorzien van Greenway LE als onderlaag. Het eerste vak betreft een beperkt vak in de zwaar belaste rechterrijstrook in de verbindingsoog van de A65 naar de A2 bij Vught. Het tweede vak betreft een groot vak van 2 dagproducties in de verbreding van de A2 HRR de vluchtstrook, km 134.075 tot 138.275 tussen Boxtel en Eindhoven, totaal zo'n 2100 ton. Deze twee wegvakken met Greenway LE zijn uitgebreid getest door het Innovatie Testcentrum van Rijkswaterstaat in samenwerking met Heijmans en TNO Delft. De kwaliteit van Greenway LE is op verschillende manieren getest waaronder het energieverbruik tijdens de productie. Daaruit bleek dat het duurzame asfalt Greenway LE leidt tot een energiebesparing van wel 25%. (RWS-GPO, 2013)

⁴ Dynamic Shear Rheometer (DSR): wordt gebruikt om het visceuze en elastische gedrag van asfaltbindmiddelen bij gemiddelde tot hoge temperaturen te karakteriseren. Dit instrument wordt gebruikt om de reologische eigenschappen van asfaltbindmiddelen te bestuderen.

⁵ Een hogere glijdingsmodulus geeft meer spanningsconcentratie. Echter, de sterkte en vermoeiingseigenschappen zijn ook nodig om de laagdikte van het asfalt te bepalen. Voor WAB geldt dat $E_{\text{dynamisch}}$ uit het lab (dus ook de glijdingsmodulus) positief gecorreleerd is met de buigtreksterkte, dus er zijn Basis Module Asfalt Golfklap-berekeningen nodig om te bepalen wat de laagdikte moet worden.

⁶ Levensduur Optimalisatie Tool

Ter referentie van de 2 proefvakken is aansluitend ook een vak met conventioneel heet geproduceerde onderlaag bij het onderzoek betrokken. De aannemer heeft er heel bewust voor gekozen om bij asfaltgranulaat eerst ook een inweekproces van verjonger toe te passen opdat dit gunstige invloed heeft op homogeniteit van de bitumenfilm.

Het eindmengsel wordt gevormd uit de volgende bouwstoffen:

- Mineralen en vulstof uit het oude asfalt.
- Nieuw toegevoegd mineraal (zand en steen).
- Nieuw toegevoegde vulstof.
- Bindmiddel uit het oude asfalt.
- Zachte bitumen, ingespoten in de paralleltrommel.
- Nieuw toegevoegd bindmiddel middels schuimbitumen.

Door de aanzienlijk lagere productietemperatuur treedt geen verharding van het bindmiddel op ten gevolge van oxidatie tijdens het productieproces. De theoretisch berekende eindhardheid van het bindmiddel blijkt ook exact te worden bereikt. Dit, terwijl bij conventionele hete asfaltproductie een aanzienlijke terugval van de penetratiewaarde van het bindmiddel optreedt.

Voor een lage temperatuur asfalt, met name schuimbitumenasfalt, is het vochtgehalte wat in het mengsel achterblijft altijd een kritisch punt. Hiervoor is in productie van GreenwayLE een uitvoeringsoplossing uitgewerkt.

Conclusies ten aanzien van het eindproduct

De samenstelling van het Greenway LE eindmengsel en die van de conventionele hete AC Basemengsel komen goed overeen.

Het is ook niet de verwachting dat er grote afwijkingen optreden, omdat zowel voor het Greenway LE mengsel als voor de conventionele hete AC Base uitgegaan is van dezelfde grondstoffen en dezelfde dosering:

- Asfaltgranulaat.
- nieuwe mineralen.
- vulstof.

Indringingsgetal

De consistentie van de asfaltbitumen wordt vastgesteld door het indringingsgetal (penetratie of pen). Bij de bepaling van het indringingsgetal wordt bij een vastgestelde temperatuur (25°C), de consistentie weergegeven door de diepte die een naald van een bepaald gewicht (100 g) gedurende een bepaalde tijd (5 s) in een monster asfaltbitumen dringt. Alhoewel de berekening van de penetratiewaarde is gericht op het bereiken van dezelfde eindpenetratie van het bindmiddel, wordt toch in het GreenwayLE mengsel een hogere penetratie van het samengestelde bindmiddel gevonden:

- De penetratiewaarde (pen) van Greenway LE is ca. 40.
- De penetratiewaarde (pen) van AC Base is 30 á 35.

Stijfheidsontwikkeling in de tijd

Om de stijfheidsontwikkeling van het bitumineus mengsel in de tijd te onderzoeken zijn op verschillende beproevingsmomenten deze kernen onderzocht met de Indirect Tensile Test (ITT) splijttest volgens NEN 12697-23.

Uit de testresultaten zijn de splijtsterkte en de breuktaaiheid bepaald. De beproevingsmomenten zijn: 7, 30, 180 en 365 dagen na productie. Ter referentie is ook op de normale, heet geproduceerde AC 22 Base (steenslagbeton met een gradering van 0-22) ,

hetzelfde onderzoek gedaan. Er is een niveauverschil tussen Greenway LE en hete AC Base. Dit komt steeds in alle onderzoeken wel terug: de splijtsterkte van Greenway LE ligt zo'n 18% lager. Daarentegen is de breuktaaiheid van Greenway LE naar verhouding en ook absoluut gezien hoger dan van de hete variant. Ook dit is kenmerkend en komt steeds in de onderzoeken weer terug: het scheurgedrag van Greenway LE is gunstiger dan van het AC Base.

Dit gedrag is ook in de praktijk is gebleken. Bij het verwerken van Greenway LE op een zeer slappe ondergrond, bleken geen walsscheuren op te treden, waar dit bij een normale hete AC base wel zou hebben plaatsgevonden.

Watergevoeligheid

Uit de resultaten blijkt dat de watergevoeligheid van alle platen voldoet aan de norm voor OL-C⁷ onderlagen, zijnde 70%. In het Greenway LE mengsel lijkt een wat grotere spreiding op te treden als in het conventionele hete AC Base mengsel. Dit is echter een incidenteel geval: uit resultaten van andere producties van Greenway LE, waarbij steeds de watergevoeligheid wordt gemeten, blijkt een consistent beeld voor de ITSR-waarde⁸ van boven de 80%. Echter, ook de hier gemeten laagste waarde (73%) voldoet nog aan de norm.

Permanente vervorming

Uit de resultaten van de triaxiaaltesten blijkt voor alle platen een voldoende lage waarde om te voldoen aan de eis voor OL-C, namelijk $f_{c,max} = 0,4$ (weerstand tegen permanente vervorming).

Wel is er een niveauverschil tussen Greenway LE en hete AC Base:

- $F_{c,max}$ waarde voor de conventionele AC 22 Base is gemiddeld 0,20.
- $F_{c,max}$ waarde voor Greenway LE is gemiddeld 0,28.

Het verschil in permanente deformatie blijkt niet veroorzaakt door de mengseleigenschappen maar door de verdichting.

Vermoeiing- en stijfheid

Ondanks wat verschillen kan gesteld worden dat in de proefvakken de Greenway LE en de conventionele AC 22 Base vergelijkbare mengsels zijn qua vermoeiings- en stijfheidseigenschappen.

Bij het eindproduct Greenway LE is sprake van een meer gelijkmatige bitumenkwaliteit over de dikte van de bindmiddelschil. Uit het resultaat bij de meeste indicatoren is af te leiden, dat de hoeveelheid grote moleculen (asphalteenfractie) daadwerkelijk is afgenomen. Het inweekproces is dus niet alleen een bijmenging van kleinere moleculen, maar ook een verkleinen van bestaande grotere moleculen (verjongingseffect).

Interessant is, wanneer dit resultaat vergeleken wordt met een normaal, heet geproduceerd (160° C) AC Base asfaltmengsel met 60% recycling. Ondanks dat in dit mengsel als nieuwe bitumen een 100-150 graden bitumen is gebruikt ter compensatie van de hardere bitumen uit het oude asfalt, is hier toch sprake van een harder bindmiddel in de buitenkant van de bindmiddelschil. Ook is ondanks de toevoeging bitumen 10/150 sprake van een verloop van de bitumenkwaliteit over de dikte van bindmiddelfilm.

⁷ OL = Categorie eigenschappen voor een asfaltbetonmengsel voor onderlagen. De toevoeging C betekent dat het toepassingsgebied geldig is voor Auto(snel)weg, provinciale weg

⁸ Indirect Tensile Strength Ratio: is een indicator van de sterkte en de hechting tegen vermoeidheid, temperatuurscheuren en spoorvorming. De treksterkte zelf is moeilijk direct te meten vanwege secundaire spanningen die worden veroorzaakt door een monster vast te pakken zodat het uit elkaar kan worden getrokken.

In het Greenway LE eindproduct is sprake van een meer gelijkmatige bitumenkwaliteit over de dikte van de bindmiddelschil.

Het verwerkingsproces

De onderstaande observaties zijn gedaan tijdens de vervaardigen en het aanbrengen van het asfaltmengsel:

- Het asfaltmengsel is continue en met de gewenste gemiddelde temperatuur aangevoerd.
- De asfalttemperatuur heeft tijdens het gehele traject de gewenste temperatuur gehad met uitzondering van twee locaties van gering formaat.
- Het asfaltmengsel is bij de juiste temperatuur verwerkt.
- Er is voldoende tijd om het mengsel te verdichten door de gelijkmatige afkoeling.
- Het mengsel kan op de traditionele manier met het traditionele wals pakket optimaal verdicht worden.
- De asfalttemperatuur waarbij de verdichting van het asfalt niet meer oploopt ligt bij dit mengsel bij een oppervlak temperatuur van ongeveer 60°C en een temperatuur middenin het mengsel van ongeveer 70°C bij deze laagdikte van 85 mm.

Draagkracht

Eén jaar na aanleg zijn de asfaltstijfheden van de Greenway proefvakken nog steeds goed vergelijkbaar met de asfaltstijfheden van de referentievakken.

Dimensionering

Greenway LE is in de dimensionering vergelijkbaar met conventionele AC 22 Base.

2.3 Conclusie

In de wegenbouw is bij Rijkswaterstaat al vele jaren ruime ervaring met het toepassen van halfwarme asfaltmengsels voor snelwegen. Veel proefvakken zijn beproefd door het Innovatie Test Centrum van Rijkswaterstaat met positieve resultaten. Veel informatie betreffende de ontwikkelingen en testresultaten worden echter door de verschillende producenten niet gedeeld uit concurrentieoverwegingen. Ook voor RWS is het momenteel niet mogelijk om alle informatie te delen.

Op basis van de openbare informatie kan worden gesteld dat de diverse eigenschappen (sterkte, draagkracht, veroudering, etc.) zoals deze in de wegenbouw worden vereist voor halfwarm asfalt minimaal net zo streng zijn als voor het conventionele hete asfaltmengsel en daarom voldoet het half warm wegenbouwasfalt aan de diverse gestelde normen voor het conventionele hete wegenbouwasfalt. Toch zijn er wel eens kwaliteitsverschillen geconstateerd tussen warme en hete mengsels t.a.v. bijvoorbeeld de sterkte in de indirecte trekopstelling, na een vocht- en vorst/dooibehandeling (ITSR).

3 Dijkvakkenselectie t.b.v. versterken van basiskennis WAB

3.1 Inleiding en aanpak

Binnen de vervangingsopgave van de waterschappen is een drietal referentiedijkvakken geselecteerd met WAB met een hoge leeftijd (rond de 50 jaar). Het doel van deze selectie is om de veroudering van dit WAB experimenteel te onderzoeken. De aanpak is als volgt:

- Kernen boren en het uitvoeren van laboratoriumonderzoek naar de bitumenkwaliteit.
- Als er geen recente (vanaf 2020) buigtreksterktegegevens zijn, de buigtreksterkte opnieuw bepalen (voor 8 kernen per vak).
- Relatie leggen tussen de bitumenkwaliteit en de meetwaarden van de buigtreksterkte, (een belangrijke levensduurparameter).
- Bandbreedtes qua bitumenkwaliteit afleiden uit de meetwaarden, die voor de beoordeling van andere mengsels, zoals warm WAB kunnen worden gebruikt. Het idee is dan dat als de kwaliteit van de nieuwe mengsels voldoet, er nog steeds kan worden gewerkt met het vigerende levensduurmodel.
- Het gebruik van diverse opties voor de protocollen waarbij het bitumen uit WAB kunstmatig wordt verouderd en dit vergelijken met de natuurlijke veroudering
- De geschiktheid van het WAB voor grotere fracties recycling (> 50%) onderzoeken.

Tot nu toe is de bitumenkwaliteit van ouder WAB nog onvoldoende onderzocht. De verwachting is dat de bitumenkwaliteit van oud WAB nog steeds relatief goed is ten opzichte van het bitumen dat recent in WAB is toegepast.

3.2 Dijkvakselectie

Op basis van een 15-tal nieuwe onderzoeken zijn de volgende dijkvakken geselecteerd voor nader onderzoek. Deze vakken hebben een hoge leeftijd, maar de sterkte eigenschappen verschillen. Tabel 3.1 toont de drie geselecteerde dijkvakken.

Het is te zien dat voor de drie vakken de buigtreksterkte in de tijd tussen de eerste en tweede beoordeling afneemt. Recente restlevensduurprognoses geven aan dit WAB het einde van de levensduur heeft bereikt of dicht nadert. Bovenstaande drie vakken moeten bestand zijn tegen een flinke golfaanval en zijn daarom als case goed voldoende relevant. Tevens zijn er nu drie waterschappen die elk een case inbrengen.

Tabel 3.1 Selectie van de drie referentievakken, met enkele kenmerken.

Naam dijksectie	Waterschap	Jaar van aanleg	Eerste beoordeling		
			jaar	buigtreksterkte (MPa)	
				gemiddelde	variatiecoëfficiënt
Eemshaven 49-1 (2B)	Noorderzijvest	1970	2009	5,6	0,23
t Schoor - Wierum	Wetterskip Fryslân	1976	2010	5,3	0,32
Helderse Zeewering, Kaaphoofd	HHNK	1968	2004	6,2	0,16

Naam dijksectie	Waterschap	Jaar van aanleg	tweede beoordeling					
			jaar	buigtreksterkte (MPa)		bitumen gehalte	holle	Pen
				gemiddelde	variatiecoëfficiënt	"op" (%m/m)	ruimte	(0,1 mm)
Eemshaven 49-1 (2B)	Noorderzijvest	1970	2020	5,2	0,2	7,2	4,6	35,16
t Schoor - Wierum	Wetterskip Fryslân	1976	2018	4,0	0,3	7	4,3	
Helderse Zeewering, Kaaphoofd	HHNK	1968	2017	5,1	0,34	6,9	4,9	

Pen is een maat voor de hardheid van bitumen: een harder bitumen heeft een lagere waarde.

Figuur 3.1 toont de locaties van deze drie vakken.



Figuur 3.1 De locaties van de drie geselecteerde dijkvakken met oud WAB.

4 Plan verbetering levensduurmodel met benodigd labonderzoek

4.1 Inleiding

Het plan beoogt het vigerende levensduurmodel voor heet WAB uit te breiden met meerdere verklarende parameters, zodat dit model toepasbaar wordt gemaakt voor heet WAB met 50% of meer gerecycled materiaal, en, onder aanvullende voorwaarden, ook geschikt wordt voor (half) warm WAB. Een belangrijk levensduuraspect is de bitumenkwaliteit, welke middels speciale laboratoriumproeven zal worden onderzocht. Er wordt steeds een vergelijking gemaakt met het oud heet WAB uit de drie referentievakken, die kenmerkend zijn voor de afname in de buigtreksterkte. Eerst wordt ingegaan op het vigerende levensduurmodel met zijn beperkingen en de mogelijke verbeteringen. Vervolgens is er aandacht voor natuurlijke veroudering en is een stappenplan beschreven voor de toepassing bij (half) warm WAB.

4.2 Historie levensduurprognose heet WAB

WAB mengsels zijn tussen jaren '60 en 2000 niet wezenlijk veranderd. Daarom is het zinnig gebleken om voor deze mengsels op basis van een uitgebreide dataset een levensduurmodel te ontwikkelen met de volgende verklarende parameters:

- Buigtreksterkte (MPa).
- Holle ruimte (%).
- Leeftijd (jaren).

Met dit levensduurmodel [Telman 2018] kan een verouderingsgevoelige en belangrijke vermoeiingsparameter, zijnde de buigtreksterkte, in de tijd worden voorspeld. In onderstaande wordt beschreven hoe het gebruik van dit levensduurmodel in zijn werk gaat. Deze geprognosticeerde buigtreksterkte is een invoerparameter in Basis Module Golfklap, waarmee het faalmechanisme Asfalt GolfKlap (AGK) kan worden doorgerekend.

4.2.1 Levensduur

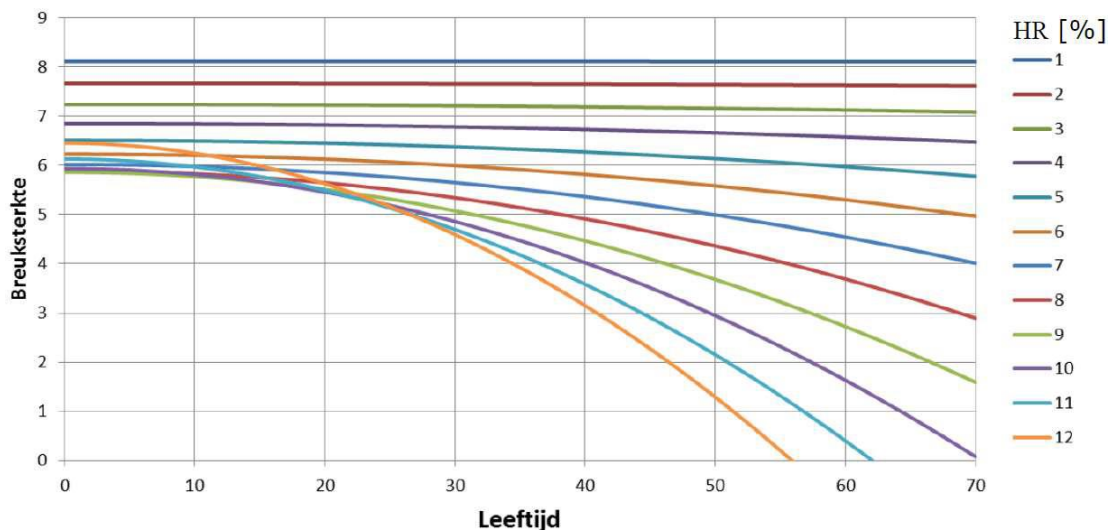
De levensduur van de asfaltbekleding is het aantal jaren na aanleg, gedurende welke de bekleding de functie(s) die bij het ontwerp zijn toegekend, veilig kan vervullen. WAB is een materiaal dat in de loop der tijd in kwaliteit achteruit gaat. In een ontwerp wordt daarmee rekening gehouden door te rekenen met een buigtreksterkte die het materiaal nog moet hebben aan het einde van de levensduur (als onderdeel van een AGK analyse). Voor het bepalen van die buigtreksterkte is een regressiemodel opgesteld, het zogenaamd levensduurmodel. Dat model is gebaseerd op de resultaten van een groot aantal materiaalproeven (Telman, 2018). Dat levensduurmodel geeft de verwachte buigtreksterkte van WAB als functie van de leeftijd van de bekleding en het holle ruimte percentage van het asfaltmengsel. De betreffende regressievergelijking is te vinden in paragraaf 5.3.1 van de schematiseringshandleiding (MinI&M, 2016) en is overgenomen onder Figuur 4.1.

Veelal volgt bij het ontwerp de levensduur van de constructie uit een door de opdrachtgever gestelde eis. Voor constructies en ook voor asfaltbekledingen wordt veelal 50 jaar als levensduur geëist. De eis geeft de rekenwaarde voor de levensduur.

Voor de beoordeling speelt de leeftijd van de bekleding op de peildatum (Lft [jaar]) eenzelfde rol als de levensduur in het ontwerp. Bij de beoordeling wordt de leeftijd op de peildatum gebruikt om de buigtreksterkte aan het einde van de beoordelingsperiode te bepalen.

4.2.2 Buigtreksterkte

De buigtreksterkte van asfalt is de spanning waarbij een op buiging belast proefstuk breekt. (STOWA, 2011) geeft de achtergronden voor het prepareren en beproeven van de proefstukken. De in de praktijk gemeten waarden van de buigtreksterkte lopen uiteen van 0 tot 10 MPa. Hoe hoger de waarde van de buigtreksterkte, des te meer weerstand de constructie biedt tegen golfaanval (AGK mechanisme). De rekenwaarde voor de buigtreksterkte dient veilig te worden gekozen, d.w.z. met een voldoende grote onzekerheidsmarge. Omdat het waarschijnlijk is dat de asfalttoplaag scheurt vanaf de onderzijde van de laag, is de buigtreksterkte onderin deze asfaltlaag bepalend. Asfaltbekledingen worden onder maatgevende omstandigheden belast door veel golfklappen. Dat betekent dat asfaltbekledingen zullen bezwijken als gevolg van vermoeiing. De sterkte tegen vermoeiing wordt voor asfaltdijkbekledingen beschreven door een regressieverband op basis van drie parameters: de buigtreksterkte σ_b en de vermoeiingsparameters v_α en v_β . De buigtreksterkte eis voor het ontwerp volgt uit het levensduurmodel, het holle ruimte percentage (HR) en de ontwerplevensduur, zie Figuur 4.1. Zie verder ook paragraaf 4.1.1 van deze rapportage en paragraaf 5.3.1 van de schematiseringshandleiding (Min I&M, 2016).



Figuur 4.1 Breuksterkte = buigtreksterkte, afhankelijk van leeftijd en holle ruimte percentage (HR%).

De regressielijnen volgen uit onderstaande formule:

$$\text{Buigtreksterkte} = 8,571 - 0,4616 \times \text{HR} + 1,980 \times 10^{-3} \times \text{HR}^3 - 1,195 \times 10^{-6} \times \text{leeftijd}^2 \times \text{HR}^3$$

Met buigtreksterkte in MPa, HR in procenten, en leeftijd in jaren.

Voor de beoordeling wordt de buigtreksterkte voor oudere bekledingen in principe bepaald door beproeving van monsters verkregen uit de bekleding, waarbij het levensduurmodel per boorkern (meestal zijn dat er acht) wordt gebruikt om de resultaten te extrapoleren naar de peildatum. Voor de rekenwaarde moet bij de beoordeling rekening worden gehouden met de spreiding in de proefresultaten.

Onderstaande twee stappen geven aan hoe dit wordt gedaan, uit ('t Hart 2018):

- 1) Bepaal uit de set per boorkern naar de peildatum geprognosticeerde buigtreksterktes de 5% ondergrenswaarde.
- 2) Om rekening te houden met de onzekerheid in de regressielijnen moet op de 5% waarde van de buigtreksterkte 2,4 MPa in mindering worden gebracht.

Onderstaand worden enkele aspecten genoemd die invloed hebben op de levensduur van het WAB, maar nog niet worden meegenomen in het op dit moment in gebruik zijnde levensduurmodel.

Bitumenkwaliteit

De laatste decennia zijn de eigenschappen van het bitumen veranderd ten gevolge van aanpassingen van het raffinageproces. Dit is nog niet meegenomen in het huidige levensduurmodel (Telman, 2018). In paragraaf 4.3.1 is beschreven welke eigenschappen dit betreft.

Bitumengehalte

Een juist bitumengehalte is belangrijk voor de levensduur en de verwerkbaarheid van het WAB, echter dit is nog geen onderscheidende parameter in het levensduurmodel. Recent (sinds 2017) is er meer data van het bitumengehalte, zodat ook deze nu kan worden onderzocht als mogelijk verklarende parameter voor de levensduur. Het is gewenst om de regressie buigtreksterkte – leeftijd – holle ruimte% uit te breiden en te verbeteren, d.w.z. naast het holle ruimte percentage nu ook met het bitumengehalte als verklarende parameter.

RAP (Percentage gerecycled asphalt)

Voor 2000 werd er niet gerecycled, daarna is er vaak een fractie van 50% gerecycled materiaal (RAP) toegepast, en dit RAP kwam van diverse bronnen bij de asfaltcentrale, dus niet van het specifieke te vervangen WAB op het werk. Deze ontwikkeling heeft invloed op de levensduur van WAB. Evenals het feit dat de bitumen in de tijd is veranderd omdat het raffinageproces efficiënter is geworden.

Project Overstijgende Verkenning Waddenzeedijken

Binnen de Project Overstijgende Verkenning Waddenzeedijken, onderdeel asfaltdijkbekleding, is onderzocht wat het effect van de bitumenkwaliteit op de sterkte is voor deze nieuwe WAB-mengsels. Een evaluatie van de in deze POV verkregen proefresultaten voor heet WAB loopt momenteel. Het wordt verwacht dat er, naast een buigtreksterkte eis, ook eisen kunnen worden gesteld ten aanzien van onderstaande eigenschappen, zodat er vooraf meer zekerheid wordt verkregen over de levensduur en schadeontwikkeling. Het vigerende levensduurmodel kan mogelijk worden uitgebreid met meer statistisch relevante verklarende parameters.

- Mengselsamenstelling, holle ruimte%.
- Bandbreedtes voor proeven op componentniveau (met verouderingsprotocol).
- Water - en vorstgevoeligheid (ITSR) (mengsel).
- Mate van flexibiliteit/scheurvormingsgevoeligheid (mengsel).

Er kunnen testen van het gehele WAB-mengsel worden uitgevoerd, alsmede testen op componentniveau. Testen op componentniveau geven direct inzicht in de bitumenkwaliteit. De POV Waddenzeedijken geeft al interessante resultaten, die in een parallel project zullen worden geëvalueerd.

4.3 Stappen onderzoek levensduur (half) warm WAB

4.3.1 Parameters

Verwacht wordt dat, net als bij recent heet WAB, ook bij (half) warm WAB de bitumenkwaliteit en de mate van recycling een groot effect hebben op de sterkte en veroudering. Dit moet nog worden onderzocht. Naast het bitumengehalte zijn de volgende bitumeneigenschappen van belang in verband met veroudering van het bitumen: waarden uit het FTIR-absorptiespectrum, PEN (penetratie), verwekingspunt en de visco-elastische eigenschappen uit de DSR-test.

Bij de toepassing van (half) warm waterbouwasfaltbeton (WAB) in plaats van het gangbare heet waterbouwasfaltbeton, moet vooraf duidelijk zijn wat de minimale levensduur is. Dit houdt in dat er een prognose moet kunnen worden gemaakt van de buigtreksterkte aan de onderzijde van deze asfaltbekleding. Om dit te bereiken moet worden nagegaan of de huidige levensduurmodellen (met verklarende parameters leeftijd en holle ruimte percentage) kunnen worden uitgebreid zodat deze, onder voorwaarden, ook toepasbaar zijn voor (half) warm WAB.

Hiervoor is een beter inzicht in de optredende natuurlijke (in situ) veroudering van WAB nodig, zodat het levensduurmodel ook voor recente WAB bekledingen (na ca. 2000) en warm WAB geschikt kan worden gemaakt. Hiervoor moeten mogelijk aanvullende verklarende parameters aan het model worden toegevoegd.

Het heeft voordelen om de natuurlijke veroudering met name op componentniveau te onderzoeken. Hierbij wordt met het te onderzoeken type bitumen een standaardmestiek gemaakt dat wordt getest. Tevens wordt de adhesie voor een standaard mineraalaggregaat onderzocht. Veroudering uit zich in het verharderen van de bitumen, een zekere mate van oxidatie en het verlies aan samenhang in het korrelskelet (visco-elasticiteit en cohesie van de mestiek, adhesie met mineraalaggregaat).

4.3.2 Aanpak

Om te onderzoeken hoe het levensduurmodel kan worden verbeterd, zodat het toepasbaar wordt voor warm WAB, zullen de in hoofdstuk 3 genoemde drie referentie dijkvakken met oud heet WAB nader worden onderzocht, met als doel de afwijkingen van de gemeten buigtreksterkte t.o.v. de waarden die met het levensduurmodel kunnen worden berekend te duiden. Het toevoegen van extra verklarende parameters, zoals het bitumengehalte zou de afwijking van de gemeten waarden van de buigtreksterkte t.o.v. de berekende waarden mogelijk kunnen verkleinen. Als er geen recente buigtreksterktes voor handen zijn zullen deze voor deze drie vakken opnieuw worden bepaald.

Er zijn drie categorieën WAB die onderzocht gaan worden:

- 1) *Heet WAB: categorie a) van voor 2000, zonder recycling fractie*, zijnde de belangrijkste data zoals gebruikt in het vigerende levensduurmodel (inclusief de drie referentie dijkvakken). Hiertoe zullen, als nodig, recente waarden voor de buigtreksterkte worden bepaald; categorie B) van na 2000 met recycling fractie. Voor a) en b) zal worden onderzocht of het vigerende levensduurmodel nog verbeterd kan worden en of het nodig is om hierin onderscheid te maken tussen categorieën a) en b).
- 2) *(Half) Warm WAB, met 50% recycling fractie*, nog te produceren, met idem samenstelling als heet WAB maar nu gemaakt met schuimbitumen en een kleine fractie schuimverbeteraar. Als referentie wordt met dezelfde samenstelling een hete WAB variant gemaakt. Er zal worden onderzocht of het (verbeterde) levensduurmodel hiervoor gebruikt kan worden, door laboratoriumproeven uit te voeren waarbij de sterkte van dit mengsel wordt bepaald.
- 3) Verder zijn er uit het project POV Waddenzeedijken, ter vergelijking, onderzoeksresultaten t.a.v. de levensduurbepalende eigenschappen voor *recent heet* WAB met een substantiële recycling fractie beschikbaar. Deze gegevens zullen ook gebruikt worden om het levensduurmodel te verbeteren.

4.3.3 Onderzoek natuurlijke veroudering

Levensduurbepalende eigenschappen van standaardmonsters die gemaakt zijn met het natuurlijk verouderde bitumen (uit bestaand areaal van oud heet WAB) kunnen worden vergeleken met die van standaard monsters welke gemaakt zijn met kunstmatig verouderde bitumen. Mogelijk moet het protocol dat gehanteerd bij kunstmatige veroudering worden aangepast op basis van de geconstateerd natuurlijke veroudering in het veld.

Voor de drie te onderzoeken referentiedijkvakken met oud heet WAB (zie Hoofdstuk 3) zal het volgende worden gedaan:

- 1) De *bitumeneigenschappen* (FTIR-absorptiespectrum, PEN, verwekingspunt, bitumengehalte en visco-elastische eigenschappen uit DSR) in het midden van de WAB-laag worden vergeleken met die onderin de WAB-laag. Deze eigenschappen geven een beeld van de bitumenkwaliteit en daarmee de veroudering van het WAB. Onderin is er mogelijk significante extra veroudering opgetreden, met name door inwerking van zuurstof. Deze extra veroudering onderin de laag uit zich in een afname van de buigtreksterkte, zoals aan de orde is in het levensduurmodel. De bitumenkwaliteit in het midden van de laag is belangrijk voor potentiële recycling van werk naar werk en deze bitumen kan tevens dienen als referentie voor de andere bitumenkwaliteiten.

Hiertoe worden per dijkvak zeven $\varnothing 150$ mm kernen geboord. Er worden met het geëxtraheerde bitumen per dijkvak twee standaardmonsters gemaakt:

- Monster 1: het bitumen uit de geëxtraheerde slices (13 mm dik) uit de bodem van deze kernen.
- Monster 2: het bitumen uit de geëxtraheerde slices (13 mm dik) in het midden van deze kernen.

Hierbij zal de vraag worden beantwoord of de bodemslices gemiddeld gezien meer veroudering laten zien dan de slices uit het midden, wat relevant kan zijn voor het begrip van het verouderingsproces in de WAB-laag.

- 2) De *buigtreksterktes* van de drie referentievakken worden als volgt geanalyseerd:
 - a. Per dijkvak wordt een predictie met het levensduurmodel (Telman, 2018) gemaakt van de buigtreksterkte op de beproevingsdatum voor de individuele (meestal 8) boorkernen. Hiervoor wordt het gemeten holle ruimte % gebruikt per boorkern en de leeftijd ten tijde van het nemen van de boorkernen en het uitvoeren van de sterkteproeven. Deze predictie van de buigtreksterkte hoeft niet overeen te komen met de meetwaarden van individuele dijkvakken.
 - b. Afwijkingen van meetwaarden ten opzichte van de predicties kunnen worden gededd door gebruik te maken van meer verklarende parameters. Om te beginnen: deze buigtreksterkte predicties kunnen vergeleken worden met de meetwaarden per boorkern. Stel afwijkingen + en – vast en beoordeel de statistische significantie⁹ van deze afwijkingen.
 - c. Vervolgens kan gezocht worden naar een verband tussen de gevonden afwijkingen in buigtreksterkte voor de drie referentie dijkvakken en de mate van aangetroffen natuurlijke veroudering (zie punt 1, bitumeneigenschappen) in deze drie dijkvakken. Het resultaat is nog geen nieuwe regressielijn, omdat het onderzoek naar natuurlijke veroudering slechts drie dijkvakken betreft.
- 3) De TU Delft gaat in eerste instantie alleen de *vochtgevoeligheid* testen van het bitumen uit de bodemslices (13 mm dik) welke direct boven het grillige bodemoppervlak van kernen worden gezaagd, zonder kunstmatig te verouderen, omdat het materiaal al natuurlijk was verouderd. Deze bodemslices zijn relevant voor het vermoeingsgedrag onder golfaanval en de resulterende scheurinitiatie. Uit wegebouwexpertise volgt dat het WAB dat daar boven ligt tot een paar centimeter onder de bovenkant van de boorkern aanzienlijk minder verouderd is. Het materiaal zal een waterbad behandeling ondergaan. Het gaat om veranderingen onder inwerking van vocht in stijfheid, fasehoek, cohesie van

⁹ Als de kans, dat een verschil door toeval ontstaan is, kleiner is dan 5% ($p = 0.05$), dan noemt men het verschil significant (betekenisvol). Als de kans, dat het verschil door toeval ontstaan is, kleiner is dan 1% ($p = 0.01$) dan noemt men het verschil zeer significant (zeer betekenisvol).

de mastiek en de adhesie aan het oppervlak van het mineraalaggregaat. De te gebruiken beproevingsmethoden zijn:

- DSR-testen (Dynamic Shear Rheometer) ter bepaling van de visco-elastische eigenschappen, waaronder stijfheid) op mastiek dat gemaakt is met geëxtraheerd bitumen.
- Direct Tension Testen (DTT) ter bepaling van de cohesie van deze mastiek.
- Adhesive interface strength testen (adhesie tussen de genoemde mastiek en een standaard aggregaatsteen).

- 4) Wederom zal voor de drie dijkvakken een verband worden gelegd tussen de resultaten uit dit TU Delft onderzoek en de afwijkingen in buigtreksterkte (meetwaarden versus met het levensduurmodel berekende waarden). Het resultaat is nog geen nieuwe regressielijn, omdat het onderzoek naar natuurlijke veroudering slechts drie dijkvakken betreft.

4.3.4 Referentie voor bitumenkwaliteit

Het bitumen dat wordt geëxtraheerd uit het oude hete WAB dient als referentie voor de bitumenkwaliteitsbepalingen, zodat er een relatie kan worden gelegd met het levensduurmodel.

Hiertoe wordt de standaardmastiek die is gemaakt met het bitumen uit het midden van de asfaltlaag (oud heet WAB) kunstmatig verouderd, waarbij het op basis van veldwaarnemingen aangepaste protocol (zie par. 4.3.3) zal worden gebruikt. Er wordt gebruik gemaakt van de bitumen uit het midden van de laag, omdat dit materiaal het minst is verouderd en in dat opzicht meer vergelijkbaar is met het bitumen dat wordt geëxtraheerd uit de nieuwe (half) warme WAB-mengsels. Het verouderen gebeurt op drie manieren, waarvan er twee eerder in het kader van de POV Waddenzeedijken zijn toegepast.

Met de derde manier heeft de TU Delft inmiddels goede ervaringen in wegebouwkader. Het betreft:

- 5 dagen onderdompeling in waterbad bij 30 °C.
- 2 keer cyclus in Pressure Aging Vessel (PAV) (bij verhoogde temperatuur en druk).
- Combinatie maken van PAV en indringing van vocht tijdens de PAV cycli.

Het aldus kunstmatig verouderde mastiek (op drie manieren) wordt wederom getest (FTIR-absorptiespectrum, DSR-testen, DTT-testen, Adhesive interface strength testen).

Deze testresultaten met bitumen van de drie (referentie oud heet WAB-) dijkvakken zijn bedoeld als referentie voor de bitumenkwaliteit. Op basis hiervan kunnen vervolgens eisen worden gesteld aan (half) warm WAB en zo komt er meer zicht op de levensduur van (half) warm WAB.

4.3.5 Water- en vorstgevoeligheid

Er zal geen water- vorstgevoeligheid (ITSR) op het oude heet WAB van de drie referentievakken worden bepaald. Dit omdat er erg weinig meetwaarden beschikbaar zijn, waardoor een levensduuranalyse nog niet tot de mogelijkheid behoort.

De ITSr-bepaling wordt wel als zinvol gezien om nieuw heet WAB te vergelijken met (half) warm WAB.

4.3.6 Proeven op (half) warm WAB ten behoeve van uitbreiding levensduurmodel

De proeven die op het (oude) heet WAB zijn uitgevoerd, en waarmee inzicht is verworven in verouderingsaspecten, zullen worden herhaald voor (half) warm WAB, om na te gaan onder welke voorwaarden het (aangepaste) levensduurmodel van toepassing is.

Het is voorzien om de volgende proeven op nieuw gemaakt (half) warm WAB en op hetzelfde mengsel met heet WAB uit te voeren:

- Water- en vorstgevoeligheidstest (ITSR).
- Bepaling buigtreksterkte.
 - Met ook een analyse van de proefresultaten t.a.v. brosse\taaie breuk, breukenergie.
- Op componentniveau met geëxtraheerd bitumen:
 - De bitumeneigenschappen (FTIR-absorptiespectrum, PEN, verwekingspunt, bitumengehalte).
 - DSR-testen (Dynamic Shear Rheometer) ter bepaling van de visco-elastische eigenschappen) op mastiek dat gemaakt is met geëxtraheerd bitumen.
 - Direct Tension Testen (DTT) ter bepaling van de cohesie van deze mastiek.
 - Adhesive interface strength testen (adhesie tussen de genoemde mastiek en een standaard aggregaatsteen).
- Daarna wordt de met het geëxtraheerde bitumen gemaakte mastiek kunstmatig verouderd op de eerder genoemde drie manieren.
- Het aldus kunstmatig verouderde mastiek (3 manieren) wordt wederom getest (FTIR-absorptiespectrum, DSR-testen, DTT-testen, Adhesive interface strength testen).
- De proefresultaten zullen worden vergeleken op mengselniveau ten aanzien van ITSR en buigtreksterkte voor heet nieuw WAB (met een identieke samenstelling als het (half) warm WAB) versus het (half) warm nieuw WAB.
- En op componentniveau, na kunstmatige veroudering: resultaten uit FTIR, DSR-testen, DTT-testen, adhesive interface strength voor kunstmatig verouderd heet WAB (uit de 3 referentievakken met oud WAB) versus (half) warm WAB. Er zal beoordeeld worden of de bitumenkwaliteit zodanig is dat het levensduurmodel ook voor (half) warm WAB kan worden toegepast.

5 Vervaardigen proefstukken warm WAB

Om alvast gesteld te staan voor nader laboratoriumonderzoek, zoals beschreven in Hoofdstuk 4, is in deze fase van het onderzoek een aantal WAB-monsters vervaardigd. Deze staan klaar in het laboratorium van AsphaltNu in Culemborg.

Het betreft een mengsel WAB 0/16 met 50% PR (asfaltgranulaat 0/16) met Bestone.

Dit mengsel is heet geproduceerd en ook warm.

Het mengsel heeft een ontwerp holle ruimte van 2,6% (Volume/Volume).

Het warm WAB is ook als onderverdicht mengsel op 96% verdichtingsgraad geproduceerd.

Dan heeft het een holle ruimte van 6,5% (V/V). Om de verdichtingsgraad goed te sturen is bij het vervaardigen van de proefstukken een gyrator gebruikt.

De volgende proefstukken zijn gemaakt:

- 12 proefstukken heet WAB (150-160°C) met 100% verdichtingsgraad, 2,6% ontwerp holle ruimte.
- 12 proefstukken warm WAB (120°C) met 100% verdichtingsgraad, 2,6% ontwerp holle ruimte.
- 12 proefstukken warm WAB (120°C) met 96% verdichtingsgraad, 6,5% holle ruimte.

De proefstukken zijn met de gyrator verdicht en zijn ongezaagd opgeleverd. Bij het realiseren van de dichtheid is er rekening mee gehouden dat de proefstukken nadat ze boven en onder nog zullen worden afgezaagd ongeveer 60 mm hoog zijn.

Het bitumenpercentage is 6,1% (massa/massa van het geheel). Dit is het massapercentage bitumen in het mengsel zoals gebruikelijk in de wegenbouw. In de waterbouw is het gebruikelijk om het bitumenpercentage als percentage "op" 100% aggregaat te rapporteren. 6,1% (m/m) "in" is dan gelijk aan 6,5% (m/m) "op".

Het onderzoek behelst dan:

- Vooronderzoek.
- Het maken van 12 proefcilinders per mengsel, in totaal 36 proefstukken.

6 Startbijeenkomst met klankbordgroep

Op 22 juni 2023 is een startbijeenkomst met de klankbordgroep gehouden. Een lijst van de deelnemers is het verslag opgenomen.

Het verslag van de startbijeenkomst is als bijlage B toegevoegd aan de rapportage.

Referenties

Asfalt, 2012, MODUS en DESA vanuit Utrecht, Asfalt nr. 1, maart 2012.

Cobouw, 2014, BAM verbreedt A4 op proef met LEAB+, artikel in Cobouw d.d. 24 juni 2014.

CROW, CROW LT werkgroep 2166-12-26 Rapportage asfalt bij lage temperaturen.

Min I&M 2016. Schematiseringshandleiding asfaltbekleding, WBI 2017, Versienummer 2.0. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.

RWS-GPO, 2013, Samenwerken aan validatie van innovatie, memo RWS GPO, 2013.

Springer, MLM & Van den Beemt, 2014, Demonstratievak LEAB PA+ Laag Energie Asfalt voor deklagen, presentatie op CROW infradagen 19 juni 2014.

Stowa, 2011, STOWA 2011. Beproevingmethoden voor waterbouwasfaltbeton - Deel 2: Bepaling van de buigtreksterkte van waterbouwasfaltbeton; Deel 4: zagen van proefstukken uit een waterbouwasfaltbeton boorkern; Deel 5: Boren van kernen uit een waterbouwasfaltbetonbekleding. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, STOWA, Bijlage C bij State of the art asfaltdijkbekledingen. Rapport 2010-W06, Amersfoort, januari 2011.

't Hart, R. 2018, Parameters voor ontwerp van waterbouwasfaltbeton (WAB), memo Deltares, 7 december 2018.

Telman, J. 2018, Voorspelling buigtreksterkte op nieuwe data, Q-consult 23 november 2018.

Van den Berg, 2022, Toekomstbestendig waterbouwasfalt, lage temperatuurwaterbouwasfalt, Frans van den Berg, Deltares, rapport met kenmerk 11208034-005-ZWS-0001, d.d. 16-1-2022.

Van Vilsteren, 2023 LEAB+GreenwayLE, informatie ontvangen van Inge van Vilsteren RWS-GPO per mail d.d. 21 februari 2023.

Wichman, 2022, Lage temperatuur asfalt op dijken, Aanzet plan van aanpak, Bernadette Wichman, Deltares 11208060-005-GEO-0001, d.d. 19-12-2022.

A Overzicht gehele onderzoek



Aanpak onderzoek klimaat-neutraal en circulair WAB

Centrale vraag:

In 2025 gaat de **productietemperatuur** van waterbouwasfaltbeton omlaag. Daarnaast is een **hoger percentage hergebruik** gewenst.

Wat zijn de gevolgen voor de **sterkte en levensduur** van het materiaal?

Projectdoelen

1. Versterken inzicht in levensduur WAB en relatie met bitumenkwaliteit.
2. Beschikbaar krijgen van warm WAB voor waterkeringen.
3. Maximaal benutten hergebruikpotentie van bestaande asfaltbekledingen.
4. Opdoen van vertrouwen in warm WAB en productiemethoden door beheerders.
5. Verspreiden en actualiseren van kennis over funderingslagen voor asfaltbekledingen.

Werkwijze

- Project verdeeld in 9 werkpakketten
- Verschillende opdrachtgevers en opdrachtnemers
- Goede samenwerking en coördinatie noodzakelijk



Rijkswaterstaat



WP1: Formuleren aanpak

Werkzaamheden:

- Literatuuronderzoek
- Aanvullende proeven voor verklaring levensduur formuleren
- Opstellen onderzoeksplan
- Voor het eerst warm WAB laten maken (AsfaltNu)



Rijkswaterstaat



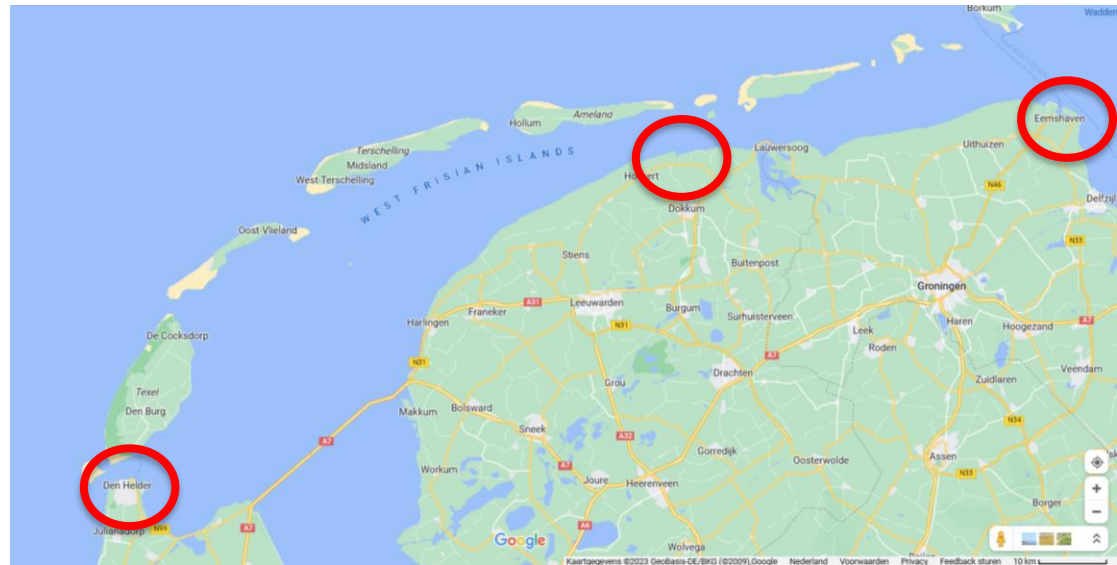
WP2: Monstername en eigenschappen mengsel

Werkzaamheden:

- Boorkernen uit dijkvakken Eemshavendijk (Gr.) 't Schoor – Wierum (Fr.) en Helderse zeewering (NH)
 - Dit betreft circa 50 jaar oud heet WAB
- Bepalen buigtreksterkte, samenstelling



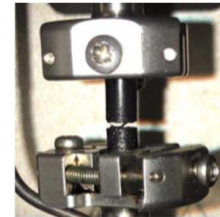
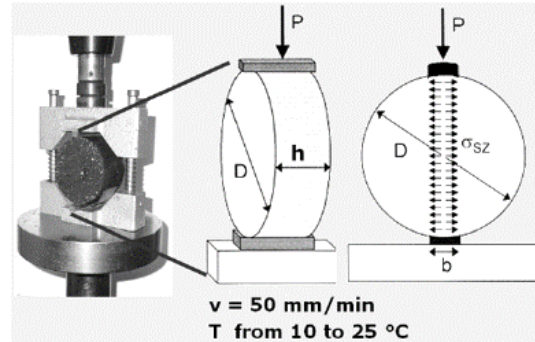
Rijkswaterstaat



WP3: bitumene eigenschappen

Werkzaamheden:

- Bepalen eigenschappen op componentniveau: Stijfheid (DSR), adhesie bitumen-aggregaat en cohesie bitumen.
- Verouderingsprotocol
- Onderzoek wordt op de 3 dijkvakken uitgevoerd



Rijkswaterstaat

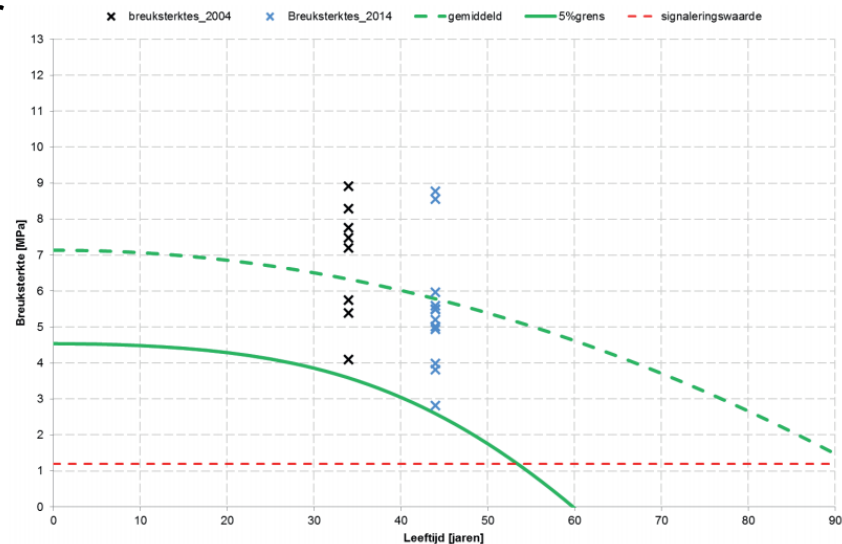
 **TU**Delft

 **INFRAM HYDREN**
Waterbouw, Innovatie en Onderzoek

WP4: Aanpassen levensduurmodel WAB

Werkzaamheden:

- Literatuurstudie effect verlaging temperatuur op levensduur
- Actualiseren en aanvullen database
- Nieuw model op basis van regressie
 - Met Holle ruimte% en nu ook bitumengehalte
- Nadere analyse data drie dijkvakken t.b.v. levensduurmodel en scheurgevoeligheid
 - Dit WAB heeft een leeftijd van circa 50 jaar



WP4: eisen aan warm WAB

Eisen aan proefresultaten stellen

- Input is het onderzoek aan (oud) heet WAB inzake levensduur
- Bandbreedtes voor proeven op componentniveau (verouderingsprotocol)
- Water - en vorstgevoeligheid
- Mate van flexibiliteit/scheurvormingsgevoeligheid

Voldoende zekerheid geven voor minimaal te behalen buigtreksterkte

- Minimaal 30 jaren vooruit kijken (met aangepast levensduurmodel)
- Eisen aan mengselsamenstelling, holle ruimte%
- Flankerende eisen aan proefresultaten, zie hierboven

WP5: Go/no go

Werkzaamheden:

- Inhoudelijke begeleiding traject
- Testen van warm WAB monsters (water- en vorstgevoeligheid)
- Voorbereiden go/no go beslissing voor volgende werkpakketten
- Expertgroep heeft belangrijke stem in beslissing
- Beslissing eind 2023



Rijkswaterstaat



WP6: Beproeven warm WAB

Onderzoeken worden uitgevoerd op mengsels die zijn geproduceerd bij 100-120 ° C



Werkzaamheden:

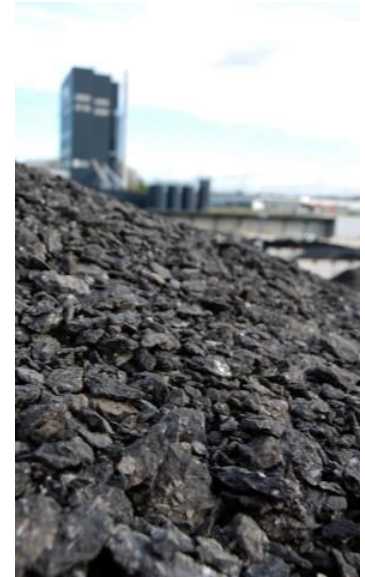
- Opvragen mengsels uit de markt
- Testen op mengselniveau: buigtreksterkte, water- en vorstgevoeligheid
- Testen op componentniveau: Stijfheid (DSR), adhesie bitumen-aggregaat en cohesie bitumen



WP7: Invloed recyclefractie

Uitgangspunt: Asfaltgranulaat van dijk naar dijk. Mengsels worden opgevraagd bij aannemers. Werkzaamheden voor drie mengsels:

- Testen op mengselniveau: buigtreksterkte, water- en vorstgevoeligheid
- Testen op componentniveau: Stijfheid (DSR), adhesie bitumen-aggregaat en cohesie bitumen



WP8: Maakbaarheidstest

Vorm ligt nog niet vast:

- Proefvakken
- Uitgebreider vooronderzoek en geschiktheidsonderzoek bij komende uitvoeringsprojecten.
- Is gerelateerd aan werkpakket 6 en 7.
- Meer-lagen systeem nodig?



WP9: Handreiking funderingslagen

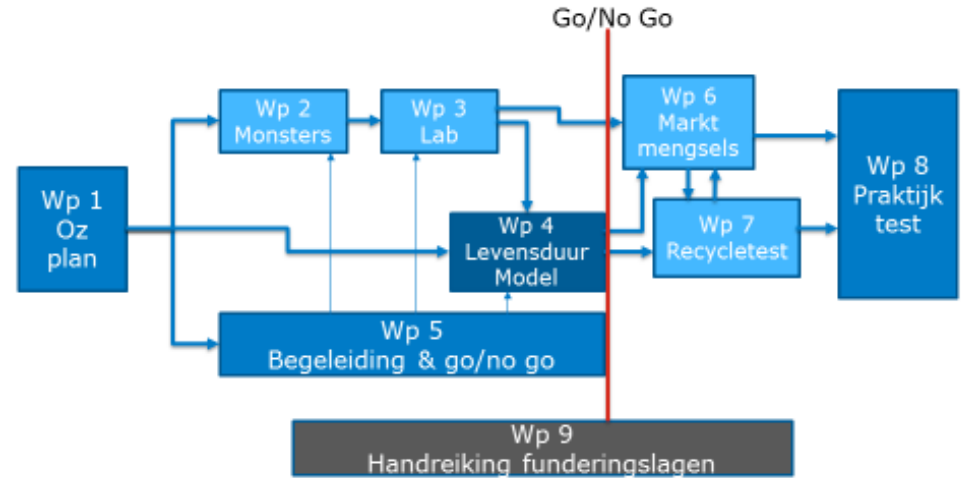
Er is een eerste versie opgesteld binnen het POV-Waddenproject. Gewenste aanpassingen:

- Ontwerpprocedure opnemen voor mengsel asfaltgranulaat-zand
- Best practice asfaltwapening opnemen
- Kennis over funderingen en golfaanval bij een hoge freatische lijn opnemen
- Verbeteringen en redactie bestaande tekst



Samenhang en volgorde werkpakketten

		Versterken inzicht levensduur	LT asfaltmengsels beschikbaar	Benutten hergebruikpotentie	Vetrouwen in nieuwe mengsels opdoen	Kennis funderingslagen verspreiden
WP1	Formuleren aanpak	x				
WP2	Monstername, eigenschappen mengsel	x				
WP3	Bitumeneigenschappen	x				
WP4	Aanpassen levensduurmodel WAB	x			x	
WP5	Go/no go	x			x	
WP6	Beproeven warm WAB	x	x		x	
WP7	Invloed recyclefractie	x		x		
WP8	Maakbaarheidstest				x	
WP9	Handreiking funderingslagen			x		x



B Verslag van de startbijeenkomst

Verslag

Datum verslag 22 juni 2023	Ons kenmerk 11209262-004-ZWS-0002	Project 11209262-004 SITO-PS 2023 WVH02 - Versterking Onderzoek Waterveiligheid 1.4 Prestatie- eisen waterbouwasfaltbeto	Aantal pagina's 1 van 11
Contactpersoon Frans van den Berg	Doorkiesnummer +31(0)88 335 7246	E-mail Frans.vandenBerg@deltares.nl	
Datum bespreking 22 juni 2023	Vergadering Klimaatneutraal en circulair WAB		

1 Welkom en doel van de middag

Marten Hoeksema heet de deelnemers (zie Bijlage 1) welkom en licht het doel van de middag toe. De presentatie is opgenomen als Bijlage 2.

Marten vertelt over de aanleiding van het toepassen van klimaatneutraal en circulair asfalt. Hierbij spelen de afspraken die gemaakt zijn op het klimaatakkoord in Parijs, die transitie naar een circulaire economie (EU) in 2050 en de milieuoopgave van asfaltcentrales een rol.

Voor wegebouw wordt er al veel gebruikt gemaakt van lage temperatuur asfalt. Voor Waterbouwasfaltbeton (WAB) wordt deze transitie nu in gang gezet. Door verlaging van de productietemperatuur gaan we van een heet WAB naar een warm WAB. Het doel van deze middag is om vast te stellen wat er nog nodig is aan kennis om voldoende draagvlak te krijgen bij de beheerders voor deze transitie.

Dit onderzoek maakt deel uit van een groter onderzoek, waarbij onder andere ook labonderzoek wordt uitgevoerd.

2 Verkennen van de bereidheid en benodigde kennis

Door Frans van den Berg is een korte intro gehouden. De vraag die door de beheerders beantwoord dient te worden is wat heb je nodig om bereid te zijn om half warm WAB (HW WAB) aan te brengen op de waterkeringen. In 2 groepen werd hierover gediscussieerd. Zie Foto 2.1 en 2.2.



Foto 2.1 Discussiegroep 1.



Foto 2:2 Discussiegroep 2.

Hieronder is een samenvatting gegeven van de kennisvragen die volgens de deelnemers beantwoord dienen te worden voordat er vertrouwen is in het HW WAB. De complete lijst met antwoorden is in Bijlage 3 opgenomen.

Uit deze inventarisatie zijn de volgende kennisvragen genoemd die beantwoord moeten worden, zodat er draagvlak ontstaat voor het toepassen van lage temperatuur WAB:

- Hoe staat het met de kwaliteit/ sterkte van het mengsel?
- Hoe zit het met de kosten, zijn deze vergelijkbaar?
- Wat zijn de te verwachte risico's?
- Hoe zit het met de uitvoering (eisen en beperkingen) en onderhoud?
- Hoe zit het met herbruikbaarheid?
- Hoe goed is het te vervoeren over lange afstanden (i.v.m. temperatuurafname)?
- Hoe zit het met de levensduur?
- Komt er een contracttekst voor het nieuwe mengsel?
- Wat zijn de terugvalopties, wat als de nieuwe mengsels toch niet functioneren, zoals verwacht en wie gaat dan financieren?
- Wordt er ook rekening gehouden met ander asfalt, zoals gietasfalt?
- Hoe zit het met de invloeden van buitenaf (zout, UV-licht en vorst-dooi)?
- Waar is het toepasbaar?
- Hoe te toetsen/ beoordelen?
- Hoe zit het met de hechting?
- Is het goed berijdbaarheid en treed er geen spoorvorming op?
- Kunnen de scheuren hersteld worden? Is het scheurherstellend?
- Is het plastisch bij warmte (klimaat). Hoe uitzakken? invloed van vogels? etc.
- Hoe zit het met de poriëndichtheid en de doorgroei?
- Wat levert het daadwerkelijk op qua CO₂ reductie?
- Wat is het effect van additieven op verschillende aspecten na 50 jaar?
- Hoe zit het met uitloging?

Aanvullende opmerkingen:

- Er dient een uitspraak te komen van de sector/ beheerderbreed dat we vertrouwen hebben in het mengsel en de methode.
- Bij oplevering een 0-meting in materiaalpaspoort.
- Wat is duurzamer hergebruik in asfalt of funderingslaag of beide?
- Wat is het optimum in bitumen% en verdichting?
- Goed monitoren en analyseren.
- Leren van de wegenbouw, waar lage temperatuurasfalt al langer wordt toegepast.
- Kennisborging is belangrijk bij Waterschap zelf, maar ook persoonlijk.
- Is er nog een keuze om het wel of niet toe te passen?
- Houd ook rekening met scenario's voor een periode van 25 jaar. In de tussentijd kunnen eisen en regelgeving aangepast zijn en dan wel versterken. Probeer een optimum te vinden tussen B&O en versterking. Bij Eemshaven/ Delfzijl speelt dit al. Hier is gemotiveerd afgeweken van een levensduur van 50 jaar naar 25 jaar.
- Heeft asfalt nog wel de toekomst, moet er niet naar andere innovaties gekeken worden?
- Wat zijn de bestuurlijke risico's? Aangegeven wordt dat de bestuurder in deze de beheerder volgt.

3 Levensduurmodel

Presentatie door Arjan de Looff over de aanpak van de ontwikkeling van een levensduurmodel voor (half)warm WAB. Zie Foto 3.1. De presentatie is als Bijlage 4 opgenomen.



Foto 3.1 Presentatie van Arjan de Looff over het levensduurmodel.

Aan de deelnemers is gevraagd welke waarden zie je en waar zitten de zorgen? Deze zijn hieronder in een tabel opgenomen.

Waarde	Zorg
Vastleggen van model/eis	Verliezen wij ons niet in complexiteit
Betere voorspelling vanwege meerdere parameters	Hebben wij voldoende onafhankelijke parameters
Heldere presentatie	Proefuitvoering zelf. Wie gaat dit doen en hoe
Inzicht in de afhankelijkheden van de parameter in het eindproduct.	Blijf afwijkende mengsels benoemen!
Onzekerheid in beeld	Temperatuur als parameter ontbreekt.
Wij hebben iets om te sturen	Bitumen vs. uitstootreductie
	Wat als de spreiding van het bitumengehalte te klein is
	Opslag van data en wie heeft actuele kennis van (richting toekomst).

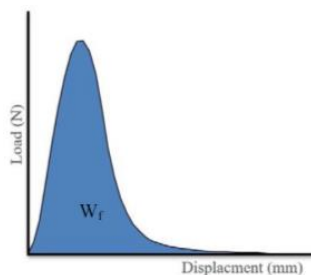
Verdere opmerkingen van de deelnemers:

Het bitumengehalte. Holle ruimte percentage en oppervlak behandeling zijn van invloed op de levensduur. Door goede zorg voor WAB, gaat deze langer mee. Hoe gaan wij hiermee om?

Wat komt er vrij bij de productie van asfaltmengsels? Antwoord: Benzeen, CO₂ en fijnstof.

In de toekomst kan er worden gestuurd op het levensduurmodel. Zijn er hierdoor andere proeven voor nodig. Arjan: in principe kunnen dezelfde proeven worden gebuikt als voor het huidige levensduurmodel. De aanvullende parameters van de proeven waar het huidige levensduurmodel op is gebaseerd zijn al aanwezig.

De breukenergie, W_f , (oppervlakte onder kracht vs. verplaatsinggrafiek) is een nieuwe parameter. Zie Figuur 3.2. Deze geeft aan of het nieuw asfalt is (taaie breuk) of oud asfalt is (brosse breuk). Wel dient bij gebruik van deze nieuwe parameter te worden gekeken hoe deze een plek kan krijgen in het GOLFKLAP model, aangezien deze nu geen rekening houdt met de breukenergie.



Figuur 3.2 Visuele weergave van breukenergie w_f .

De E_{modulus} is geen goede indicator, omdat deze wordt bepaald bij kleine verplaatsingen in de grafiek in het gebied rond het 0-punt.

De eigenschappen van LT WAB.

Positieve eigenschappen:

- Minder veroudering

Negatieve eigenschappen:

- Minder goede menging.
- Minder goede adhesie.
- Minder goede verwerking.
- Bij schuimtechniek blijft er waarschijnlijk meer water achter in het mengsel.

Voor het nieuwe levensduurmodel is er momenteel een voldoende unieke dataset. De benodigde nieuwe parameters zitten al in de dataset of kunnen aan de dataset worden toegevoegd.

Op verschillende dieptes van het WAB proeven nemen in verband met verschillende stadia van veroudering op verschillende diepte. In het midden van het WAB treedt minder veroudering op.

Speelt ruimtelijke variabiliteit nog een rol? Hier wordt nu ook al rekening mee gehouden. Er worden monsters genomen om te beproeven op een lijn in de richting van het dijkvlak waar de golven neerkomen.

De vraag speelt ook nog welke eisen je aan de voorkant nodig hebt. Bij het aanbrengen van WAB zijn de omstandigheden verschillend, dus verschillende modellen en eisen in de uitvoeringsfase.

Belangrijk zorgpunt is dat de kennisbasis laag is. Binnen de verschillende organisaties maar een beperkt aantal mensen die met dit onderwerp bezig zijn.

4 Wrap up en afsluiting

Marten Hoeksema bedankt iedereen voor de inbreng.

Bijlage(n)

1. Namenlijst
2. Presentatie Marten Hoeksema
3. Te onderzoeken kennisvragen
4. Presentatie Levensduurmodel

Bijlage 1 Deelnemerslijst

Naam	Organisatie
Bernadette Wichman	Deltares
Frans van den Berg	Deltares
Arjan de Looff	Infram
Wilbert van Maren	RWS-WNZ
Rien Davidse	RWS PPO Zee & Delta
Myron van Damme	RWS WV
Marten Hoeksema	RWS WV
Gerard Harmsen	RWS WV
Hendrik Meuwese	Waterschap Scheldestromen
Oscar van Dam	STOWA
Sybo Veltman	Wetterskip Fryslân
Andre Zijlstra	Wetterskip Fryslân
Jan Kees Bossenbroek	Waterschap Hollandse Delta

Bijlage 2 presentatie Marten Hoeksema



123

Klimaatneutraal en circulair Asfalt

Juni 2023



Aanleiding

← TERUG

- Klimaatakkoord Parijs
 - Beperking CO2 uitstoot
- Naar circulaire economie
 - Vanaf 2050 alle B&O volledig circulair(EU)
- Milieuopgave asfaltcentrales
 - Beperking uitstoot schadelijke stoffen zoals Benzeen



Marktbeweging

← TERUG

- Transitiepad duurzame wegverharding
- Leveranciers gezamenlijk aangegeven vanaf 2025 geen heet asfalt meer te leveren
- Nu veelal mengselsamenstelling voorgeschreven in de uitvraag
- Noodzaak te anticiperen op nieuwe lagere temperatuur mengsels

Samenwerking



← TERUG

Samenwerking en gezamenlijke financiering van onderzoek door:

- RWS WV
- Wetterskip Fryslan
- RWS GPO/PPO
- Stowa
- PIW
- HWBP



Doelen onderzoek Klimaatneutraal en circulair asfalt

← TERUG

1. Versterken inzicht in levensduur WAB en relatie met bitumenkwaliteit.
2. Beschikbaar krijgen van warm WAB voor waterkeringen.
3. Maximaal benutten hergebruikpotentie van bestaande asfaltbekledingen.
4. Opdoen van vertrouwen in warm WAB en productiemethoden doorbeheerders.
5. Verspreiden en actualiseren van kennis over funderingslagen voor asfaltbekledingen.



Projectplanning

← TERUG

2023 RWS

- Onderzoeksplan en Behoeftetepeiling
- Aanvullen inzichten over veroudering WAB(2023)
- Ontwikkeling levensduur model (2023)

2024 Fryslan

- Ontwikkelen markt
- Onderzoek verhogen hergebruik
- Laten landen in de praktijk
- Borgen bevindingen in werkwijze en contracten

2025 Eerste toepassing op dijk



← TERUG

**Wat is er nodig om over te
gaan naar lagere temperatuur
asfalt?**

**En wat moet je daarvoor
weten?**

Bijlage 3 Te onderzoeken kennisvragen

Door de deelnemers aan de startbijeenkomst is per persoon aangegeven wat de verschillende kennisvragen zijn die beantwoord dienen te worden om voldoende draagvlak voor (half)warm WAB te krijgen. Deze kennisvragen per deelnemer zijn hieronder aangegeven:

Deelnemer 1:

- Wat is de kwaliteit/ sterkte?
- Wat zijn de te verwachte kosten, hoe staan die in relatie tot heet WAB?
- Wat zijn de te verwachte risico's?
- Hoe zit het met het onderhoud, is dat meer of minder dan regulier WAB?
- Hoe zit het met de herbruikbaarheid?

Deelnemer 2:

- Zicht op de praktijk?
- Hoe goed is het te vervoeren, met name op de lange afstanden? De temperatuur neemt dan af.
- Inzicht in levensduur van de nieuwe mengsels?
- Komt er een contracttekst voor nieuwe mengsels?
- Wat zijn de terugvalopties, wat als de nieuwe mengsels toch niet functioneren, zoals verwacht en wie gaat dan financieren?
- Er dient een uitspraak te komen van de sector/ beheerderbreed dat we vertrouwen hebben in het mengsel en de methode.
- Hoe staat het met de herbruikbaarheid?
- Bij oplevering een 0-meting in materiaalpaspoort.

Deelnemer 3:

- Effect op sterkte en levensduur?
- Wat is duurzamer hergebruik in asfalt of funderingslaag of beide?
- Wat is het optimum in bitumen% en verdichting?

Deelnemer 4:

- Draagvlak voor B&O?
- Welke criteria zijn nodig?
- Levensduur versus kosten?
- Monitoren en analyseren?
- Bewijs van andere asfaltinnovaties (bv wegebouw)?
- Uitvoeringstechnisch?

Deelnemer 5:

- Sterke eigenschappen?
- "gelijke" levensduur?
- Maakbaarheid?
- Wordt er ook rekening gehouden met ander asfalt, zoals gietasfalt?

Deelnemer 6:

- Sterkte?
- Bitumen%?
- Maakbaarheid?
 - Verdichting.
 - Vermoeiing.
 - Vervoer.

- Invloeden?
 - Zout.
 - UV-licht.
 - Vorst.
- Wat is duurzamer?
 - Hergebruik in asfalt?
 - Hergebruik in asfaltlaag?
- Hoe aanbesteden?
- Wat is de terugval optie?
- Sector breed vertrouwen uitspreken?
- Waar is het toepasbaar?
- Monitoren en analyseren! Goede)-meting uitvoeren.
- Wat zijn de kosten?
- Welk soort asfalt?

Deelnemer 7:

- Wat zijn de te verwachte risico's op lange termijn t.a.v. heet asfaltmengsel?
- Kennis (persoonlijk/ waterschap)?
- Wat is de noodzaak?
- Verwachtingen in de toekomst?

Deelnemer 8:

- Wat is de kwaliteit/ sterkte?
- Levensduur?
- Kosten?
- Risico's?
- Benodigd onderhoud?
- Herbruikbaarheid?
- Uitvoerbaarheid (eisen en beperkingen)?
- Hoe te toetsen/ beoordelen?
- Risico/ prestatie -kosten?

Deelnemer 9:

- Hechting?
- Levensduur?
- Berijdbaarheid/ sporen?
- Scheuren herstellen?
- Plastisch bij warmte => uitzakken invloed van vogels etc.?
- Is het scheur herstellend?
- Poriëndichtheid en de doorgroei?

Deelnemer 10:

- Functionele eisen (sterkte, levensduur)?
- Leerervaringen vanuit de wegenbouw?
- Risico's?
- Wat levert het daadwerkelijk op qua CO2 reductie?
- Kosten?
- Verwerking?
- Aanleg?

Bijlage 4 Presentatie levensduurmodel



Levensduurmodel voor waterbouwasfaltbeton



Inhoud van de presentatie

- Waarom een levensduurmodel?
- Geschiedenis van het levensduurmodel
- Huidige toepassingen van het model
- Gewenste aanpassingen van het model
- Samenvatting: droombeeld toekomstig model



Waarom een levensduurmodel? (1)



Life Expectancy

...the average should really be much higher.

Grip op de levensduur in de ontwerp- en aanlegfase



Waarom een levensduurmodel? (2)



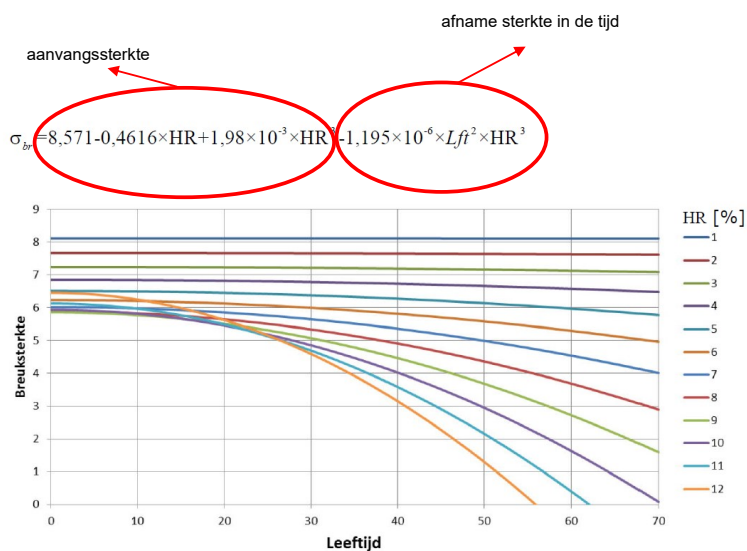
- Prognose van de restlevensduur in de beheerfase



Geschiedenis van het levensduurmodel

- Eerste voorspellend model in de jaren '90
- Relatie tussen Leeftijd, Holle ruimte en Buigtreksterkte door beschikbaarheid van de resultaten van sterkteproeven
- Versies van het levensduurmodel in 2010, 2013 en 2018

Huidige levensduurmodel



Huidige toepassingen van het model (1):



In de ontwerp- en aanlegfase: Keuze te realiseren holle ruimte beïnvloedt de levensduur

INFRAM HYDREN
Waterbouw, Innovatie en Onderzoek

Huidige toepassingen van het model (2):



Bij de veiligheidsbeoordeling: Prognose van de buigtreksterkte op de peildatum

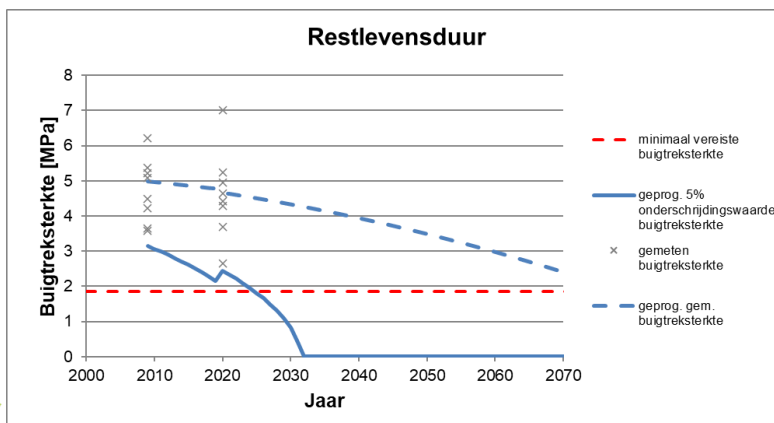
INFRAM HYDREN
Waterbouw, Innovatie en Onderzoek

Huidige toepassingen van het model (3):

$$\sigma_{b,p} = \sigma_{b,m} - 1,195 \cdot 10^{-6} \cdot (Lft_p^2 - Lft_m^2) \cdot HR^3$$

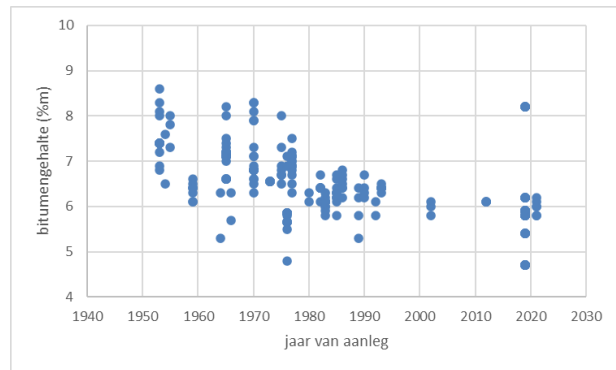
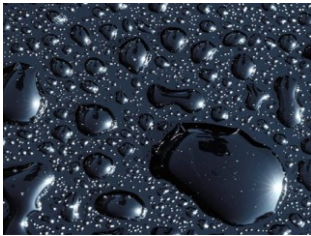
Prognose buigtreksterkte op de peildatum
 Leeftijd asfalt op de meetdatum
 Gemeten buigtreksterkte
 Leeftijd asfalt op de peildatum
 Holle ruimte van het proefstuk

Huidige toepassingen van het model (4):



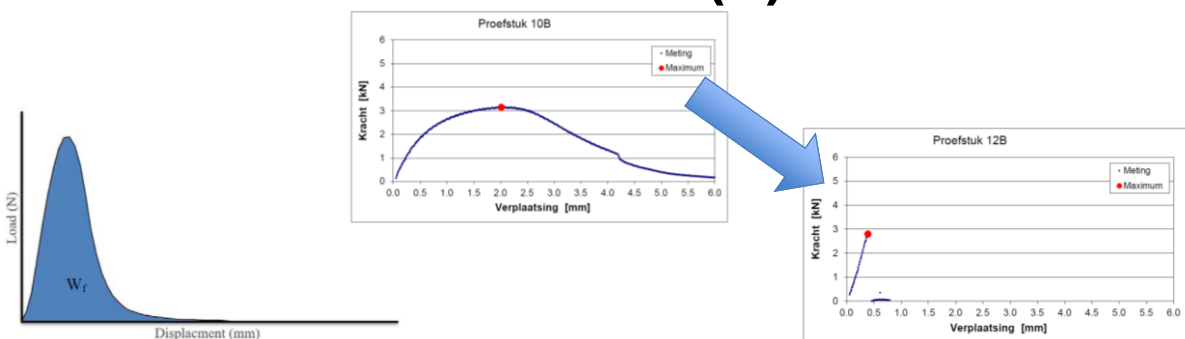
In de beheerfase, voor continu inzicht: Prognose van de restlevensduur

Gewenste aanpassingen aan het model (1)



Toevoegen van het bitumengehalte als variabele

Gewenste aanpassingen aan het model (2)



Aanvullende verklarende variabele om het voorspellend vermogen te verbeteren

Gewenste aanpassingen aan het model (3)

Processen die mogelijk een rol spelen:

- Minder veroudering bitumen tijdens productiefase (+).
- Minder goede menging in geval van toepassing asfaltgranulaat in het mengsel (-)
- Minder goede adhesie tussen steen en bitumen (-)
- Minder goede verwerkbaarheid door lagere viscositeit bitumen (-)
- In geval van schuimbitumen: Risico op achterblijven water in het mengsel (-)

Model geschikt maken voor lage temperatuurasfalt



Gewenste aanpassingen aan het model (4)

- Invloed op aanvangsterkte volgt uit driepuntsbuigproeven
- Invloed op afname sterkte in de tijd is niet kwantificeerbaar. Indicatie op basis van water- en vorstgevoeligheidsproeven en onderzoek op componentniveau door TU-Delft

Model geschikt maken voor lage temperatuurasfalt



Droombeeld toekomstig levensduurmodel (1)

- Bitumengehalte als variabele
- Verbeterd voorspellend vermogen
- Geschikt voor asfalt geproduceerd bij verschillende temperaturen

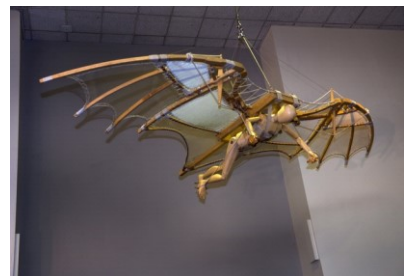


INFRAM HYDREN
Waterbouw, Innovatie en Onderzoek

Droombeeld toekomstig levensduurmodel (2)

Voor de toekomst:

- Geschikt voor verschillende percentages asfaltgranulaat in het mengsel
- Voorspellen van de levensduur op basis van scheuren ten gevolge van thermische belasting



INFRAM HYDREN
Waterbouw, Innovatie en Onderzoek

Vragen?



INFRAM HYDREN
Waterbouw, Innovatie en Onderzoek

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl