

# Verhardingstechnisch onderzoek en advies

## Steenweg – Parallelweg te Zaltbommel

### Rapport



**Vestigingen** Scharwoude | Capelle aan den IJssel | Oldenzaal  
info@unihorn.nl | 0229-547850 | Postbus 58 | 1633 ZH Avenhorn  
**unihorn.nl**

## Verhardingstechnisch onderzoek en advies

### Steenweg – Parallelweg te Zaltbommel

#### Rapport

#### Opdrachtgever

Gemeente Zaltbommel  
De heer B. van Soelen  
Postbus 10.002  
5300 DA ZALTBOMMEL

#### Verantwoording

Documentnummer 3905-22034-01-RAP-VOZ-01-2.0

Datum document 08 maart 2022

Opgesteld  
ing. A. Achahchah



Gecontroleerd  
ir. J.G.F. Schrader



Vrijgegeven  
ir. J.G.F. Schrader



#### Revisiebeheer

| Versie | Datum         | Omschrijving                                                              |
|--------|---------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 2.0    | 08 maart 2022 | Tweede aanlevering concept, plaatjes toegevoegd bij onderhoudsmaatregelen |
| 1.0    | 03 maart 2022 | Eerste concept                                                            |
|        |               |                                                                           |

## Inhoudsopgave

|     |                                                                   |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1.  | Inleiding .....                                                   | 4  |
| 1.1 | Aanleiding.....                                                   | 4  |
| 1.2 | Locatie.....                                                      | 4  |
| 1.3 | Aard en scope onderzoek.....                                      | 4  |
| 1.4 | Doelstelling.....                                                 | 4  |
| 1.5 | Leeswijzer .....                                                  | 4  |
| 2.  | Uitvoering verhardingstechnisch onderzoek .....                   | 5  |
| 2.1 | Valgewichtdeflectiemetingen .....                                 | 5  |
| 2.2 | Bepaling structurele restlevensduur en onderhoudsmaatregelen..... | 5  |
| 3.  | Bepaling restlevensduur en onderhoudsmaatregel .....              | 6  |
| 3.1 | Basisgegevens .....                                               | 6  |
| 3.2 | Werkmethode .....                                                 | 7  |
| 3.3 | Steenweg .....                                                    | 8  |
| 3.4 | Parallelweg.....                                                  | 12 |
| 4.  | Literatuuroverzicht .....                                         | 19 |

## Bijlagen

### Verhardingstechnisch onderzoek

- A. CROW-certificaat kalibratie valgewichtdeflectiometer
- B. uitvoer (OIA)ontwerpberekeningen

### Duurzaamheid

- C. Duurzaamheid: Unihorn en de praktijk

### Digitale bijlagen

- I. Valgewichtdeflectiemeetbestanden in Dynatest F25-formaat (CARE-formaat)
- II. Grafieken deflecties
- III. Tabellen deflecties
- IV. Verloop temperaturen tijdens valgewichtdeflectiemetingen
- V. Resultaten QUASAR restlevensduurberekeningen

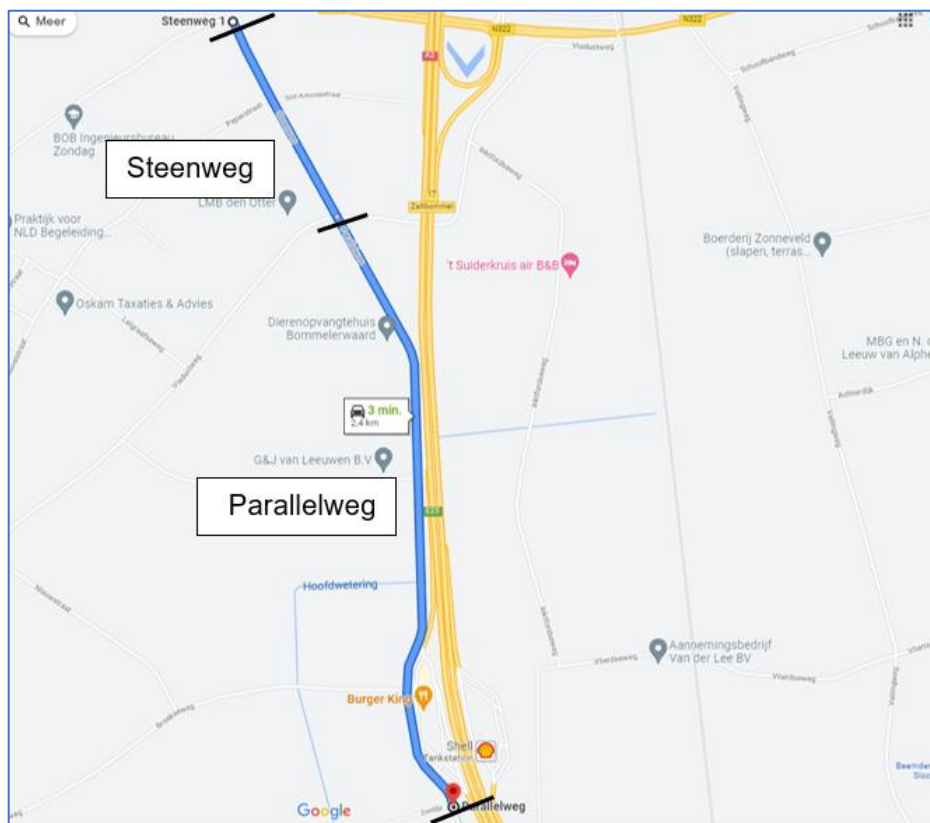
## 1. Inleiding

### 1.1 Aanleiding

In opdracht van civiel adviesbureau WATERPAS (in opdracht van gemeente Zaltbommel) is een gedeelte Steenweg-Parallelweg te Zaltbommel onderzocht. In het kader van de aanleg van een snel fietspad wil de gemeente Zaltbommel graag onderzocht hebben of de bestaande fundering van de huidige rijbaan behouden kan blijven voor de nieuwe indeling.

### 1.2 Locatie

In Figuur 1 is de locatie van het onderzochte wegvak weergegeven (Bron: Openbasiskaart).



**Figuur 1** Locatie onderzochte wegvak

### 1.3 Aard en scope onderzoek

In het kader van dit project zijn de volgende verhardingstechnisch onderzoeken uitgevoerd:

- valgewichtdeflectiemetingen;
- bepaling restlevensduur en onderhoudsmaatregelen.

### 1.4 Doelstelling

Het doel van het verhardingstechnische onderzoek is het bepalen van de restlevensduur en het adviseren van (onderhouds)maatregelen waarmee de restlevensduur van de wegverharding wordt verlengd tot de door de opdrachtgever gewenste levensduur.

### 1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de details van de uitgevoerde onderzoeken beschreven. In hoofdstuk 3 zijn per wegvak de resultaten van het onderzoek samengevat en is het advies beschreven. Hoofdstuk 4 geeft het Literatuuroverzicht weer.

## 2. Uitvoering verhardingstechnisch onderzoek

In dit hoofdstuk wordt van alle uitgevoerde verhardingstechnische onderzoeken beschreven:

- volgens welke richtlijnen het onderzoek is uitgevoerd;
- waar het onderzoek is uitgevoerd;
- hoe het onderzoek is uitgevoerd;
- wanneer het onderzoek is uitgevoerd;
- in welke bijlage de resultaten van het onderzoek zijn bijgevoegd.

### 2.1 Valgewichtdeflectiemetingen

Richtlijn : CROW, publicatie 92, Deflectieprofiel geen valkuil meer (Lit. 1)

Waar : op de doorgaande rijstrook van de hoofdrijbanen in beide richtingen

Hoe : in vetergang (afwisselend in het rechterspoor en tussen de rijsporen). De afstand tussen de meetpunten in een langdraai bedraagt 50 meter, dus is er in vetergang elke 25 meter een meting uitgevoerd.

Per meetpunt zijn 4 klappen met een doelbelasting van 50 kN gegeven en geregistreerd;

De gebruikte deflectieopnemerafstanden zijn 0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500, en 1800 mm ten opzichte van het belastingmidden.

Bij elke meting zijn bepaald:

- de verplaatsingen ter plaatse van alle geofoons [ $\mu\text{m}$ ];
- de load [kN], de doelbelasting is 50 kN;
- de oppervlaktemperatuur van de verharding [ $^{\circ}\text{C}$ ];
- de luchttemperatuur [ $^{\circ}\text{C}$ ];
- de locatie van de temperatuurregistraties in met GPS verkregen coördinaten;
- de meetlocatie (in  $\text{km}^1$  t.o.v. een nulpunt en in met GPS verkregen coördinaten, inclusief aanduiding van de rij- c.q. meetstrook);
- het meettijdstip (in uren en minuten).

Op basis van de tijdens de uitvoering van de metingen per meetpunt gemeten oppervlaktemperatuur is m.b.v. de BELLS3-formule de asfalttemperatuur berekend.

De valgewichtdeflectiemetingen zijn uitgevoerd met de Dynatest 8082 valgewichtdeflectiometer van Unihorn, serienummer 040. Het door het CROW uitgegeven bewijs van kalibratie is bijgevoegd in bijlage A.

Wanneer : 09 februari 2022

Bijlage : A, I, II, III en IV

### 2.2 Bepaling structurele restlevensduur en onderhoudsmaatregelen

Richtlijn : CROW, Publicatie 92, Deflectieprofiel geen valkuil meer (Lit.1)

CROW, Publicatie 157, Dunne asfaltverhardingen, dimensionering en herontwerp (Lit. 3)

Hoe : Aan de hand van de hierboven genoemde onderzoeken en aan de hand van overige informatie, waaronder verkeersgegevens en aanleg-/onderhoudshistorie worden de restlevensduur en de benodigde versterking berekend. De structurele restlevensduur is de door verharding opneembare verkeersbelasting, verminderd met de belastinghistorie.

Bij onvoldoende structurele restlevensduur kan het noodzakelijk zijn de verharding te overlagen, de dikte waarmee de constructie in dat geval dient toe te nemen wordt de versterking genoemd, ook wel het sterktekort of overlagingdikte.

Afhankelijk van de scope van de opdracht wordt op basis van de onderzoeksuitkomsten een passende onderhoudsmaatregel bepaald.

Wanneer : maart 2022

Bijlage : B en V

### 3. Bepaling restlevensduur en onderhoudsmaatregel

#### 3.1 Basisgegevens

De restlevensduur van de verharding is bepaald op basis van de aangeleverde inspectieresultaten, de aangeleverde verhardingsopbouw, de uitgevoerde valgewichtdeflectiemetingen en de door de opdrachtgever aangeleverde gegevens.

Voor de bepaling van de restlevensduur en de eventueel benodigde onderhoudsmaatregel is de opdrachtgever gevraagd om informatie over de aanleg en onderhoudshistorie en de verkeersbelasting aan te leveren. In Tabel 1 is een samenvatting gegeven van de gehanteerde basisgegevens ten behoeve van de berekening. In deze tabel is ook weergegeven welke gegevens niet beschikbaar waren en waarvan door Unihorn een aanname is gedaan.

**Tabel 1      Overzicht basisgegevens**

| Aspect                                                            | Opgave OG /<br>Schatting Unihorn /<br>Richtlijn | Steenweg -<br>Parallelweg | Toelichting                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jaar van aanleg                                                   | S                                               | Voor 1978                 | Bepaald op basis van <a href="https://www.topotijdreis.nl">https://www.topotijdreis.nl</a> |
| Referentiejaar (her)ontwerpperiode                                | R                                               | 2022                      | Betreft jaar van dit verhardingsonderzoek                                                  |
| Herontwerpperiode [jaar]                                          | O                                               | 20                        | Opgave OG                                                                                  |
| Referentie-asfaltmengsel voor herontwerp bestaande verharding     | R                                               | S1-50 / F2                | Op basis van jaar van aanleg                                                               |
| Betrouwbaarheid vermoeiingscriterium [%]                          | R                                               | 70                        | Gebruikelijke waarde voor gemeentelijke wegen                                              |
| Toelaatbare structurele schade voor berekening restlevensduur [%] | R                                               | 15                        | Gebruikelijke waarde voor gemeentelijke wegen                                              |
| Toelaatbare structurele schade voor herontwerp [%]                | R                                               | 20                        | Gebruikelijke waarde voor gemeentelijke wegen                                              |
| Jaarlijkse groei [%]                                              | S                                               | 1.5                       | Aanname                                                                                    |
| Vrachtwagens per werkdag per rijrichting in toekomst [stuks]      | S                                               | 50                        | Aanname                                                                                    |
| Gewogen vrachtwagenschadefactor                                   | R                                               | 1.6                       | Gebruikelijke waarde                                                                       |
| Werkdagen per jaar [stuks]                                        | R                                               | 270                       | Gebruikelijke waarde                                                                       |
| Aandeel breedbanden [%]                                           | R                                               | 40                        | Gebruikelijke waarde                                                                       |
| Rijstrookbreedte [m]                                              | O                                               | 3.0                       | Google Maps                                                                                |
| Aantal rijstroken per rijrichting                                 | O                                               | 1                         | Google Maps                                                                                |
| Rijsnelheid vrachtverkeer [km/u]                                  | O                                               | 50                        | Maximaal toegestane rijsnelheid                                                            |
| Factor onzekerheid verkeersbelasting                              | S                                               | 2.0                       | Schatting                                                                                  |

### 3.2 Werkmethode

De onderzochte wegvakken zijn waar nodig opgedeeld in wegvakken met min of meer homogene eigenschappen. Eigenschappen waarop deze opdeling is gebaseerd zijn de verkeersbelasting, de verhardingsopbouw en de deflectiewaarden.

De berekening van de structurele restlevensduur en versterkingsdikte zijn verricht met behulp van Quasar 1.0. Quasar (QUick Analysis of Structural condition of Asphalt Roads) is het bij CROW-publicatie 157 [3] behorende softwarepakket voor de dimensionering en herontwerp van asfaltverhardingen met asfaltdiktes tot 250 mm. Bij de analyse met behulp van Quasar wordt voor ieder meetpunt afzonderlijk de structurele restlevensduur en versterking van de verhardingsconstructie berekend, desgewenst uitgaande van een in te geven freesdiepte.

De rekenmethodiek achter Quasar bepaalt de draagkracht van een verhardingsconstructie direct uit de combinatie van laagopbouw en deflecties, aangevuld met data over verkeer, temperatuur en materiaalkarakteristieken. De resultaten van de berekeningen met Quasar zijn bijgevoegd in digitale bijlage V.

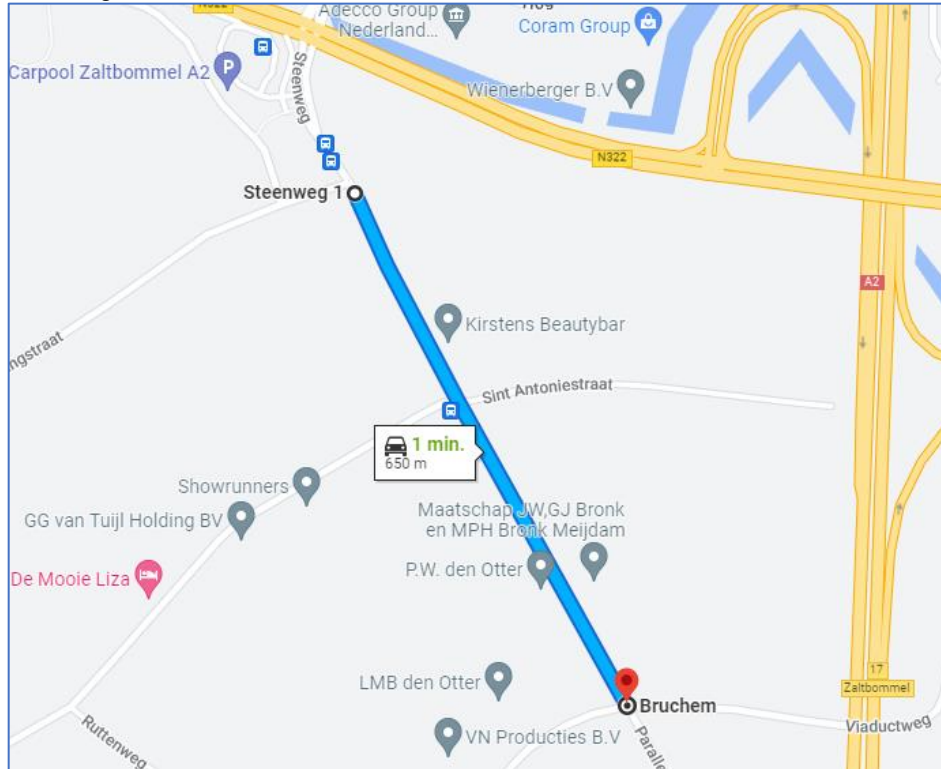
De in de adviezen aangegeven laagdikten voor profileerlagen betreffen minimaal aan te brengen diktes. Deze dikten zijn niet gebaseerd op een analyse van het herstel van het langs- en/of dwarsprofiel. Verder zijn bij het opstellen van het onderhoudsadvies de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- de weglighamen zijn en blijven stabiel ten gevolge van de voorgestelde onderhoudsmaatregelen;
- aan de deklaag zijn geen eisen gesteld met betrekking tot geluid. Er is uitgegaan van toepassing van een AC 11 DL-B als deklaag.

### 3.3 Steenweg

#### Locatie weg

In Figuur 2 is de ligging van de weg en het nulpunt van de onderzoeken aangegeven. Het nulpunt is Steenweg 1.



**Figuur 2** Geografische ligging gedeelte Steenweg

#### Geconstateerde schades

De asfaltconstructie vertoont licht tot matige langs- en dwarsscheuren. Ernstige scheurvorming is in een beperkte omvang aanwezig. Ernstige randschade is in grote omvang aangetroffen. Lokaal is er sprake van ernstige craquelé.

De deklaag vertoont rafeling variërend van licht in kleine omvang tot ernstig in enige omvang.

#### Bestaande asfaltverharding

Het boorkernonderzoek is Unihorn aangeleverd. Uit het aangeleverde boorkernonderzoek blijkt, dat het bestaande asfaltpakket een dikte heeft van circa 115 mm. Onder het asfaltpakket bevindt zich een laag van betonstraatstenen van 80 mm. Daaronder is zand aangetroffen.

#### Restlevensduur

Op basis van de analyse van de valgewichtdeflectiometingen en het boorkernonderzoek is de structurele restlevensduur van de verhardingsconstructie en de bijbehorende versterkingsdikte berekend. Figuur 3 en Figuur 4 geven per meetpunt de berekende restlevensduur en de benodigde versterkingsdikte weer.

De structurele restlevensduur is bij de meeste punten niet voldoende voor de komende 20 jaar. De benodigde versterkingsdikte varieert bij deze meetpunten van 75 tot meer dan 150 mm.

**Onderhoudsadvies**

De draagkracht van bestaande verhardingsconstructie is onvoldoende voor de komende 20 jaar. Deze resultaten worden bevestigd door de resultaten van de visuele inspectie waarbij diverse draagkrachtschades zijn waargenomen. Er worden grote overlappingsdiktes variërend van 75 tot meer dan 150 mm berekend, die om praktische en financiële redenen niet uitvoerbaar zijn. Op basis hiervan wordt geadviseerd om een rehabilitatiemaatregel uit te voeren waarbij de bestaande verharding wordt verwijderd en wordt vervangen door een nieuwe wegverharding. Voor de nieuwbouw verhardingsconstructie is een ontwerpberekening gemaakt met het programma Ontwerp Instrumentarium Asfaltverhardingen (OIA) 2.0 van het CROW. Voor het maken van de berekening is gebruik gemaakt van de uitgangspunten van Tabel 1. Uit de berekening volgt een theoretische asfaltdikte van 117 mm. Geadviseerd wordt om de asfaltconstructie in 3 lagen aan te brengen met minimale laagdiktes: 50 mm onderlaag, 40 mm tussenlaag en 35 mm deklaag. Hierdoor kunnen potentiële oneffenheden vanuit zowel de ondergrond als vanuit de asfaltonderlaag tijdens het aanbrengen van de twee bovengelegen asfaltlagen gladgestreken worden.

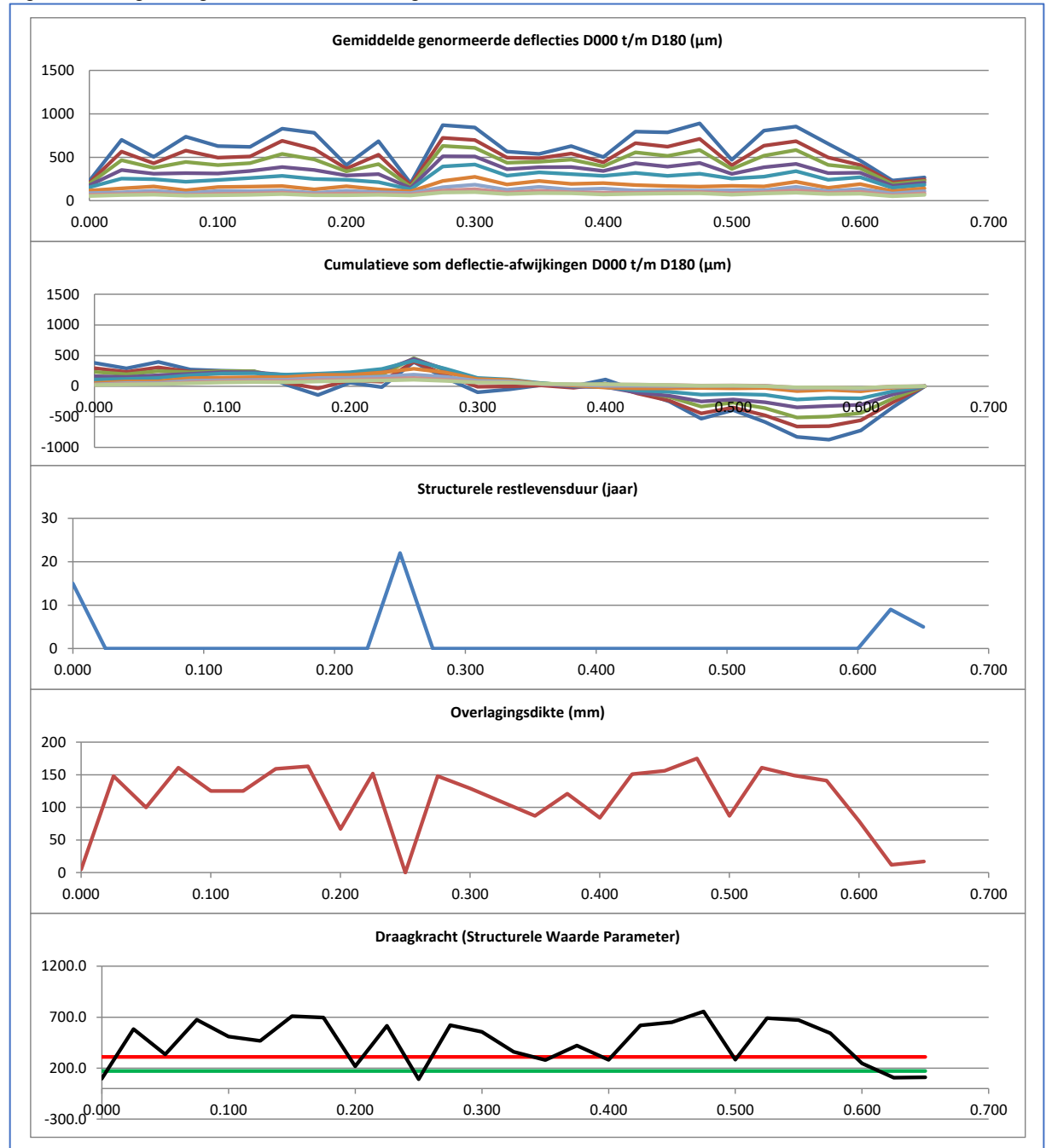
Geadviseerd wordt de volgende onderhoudsmaatregel toe te passen:

- rijbaanbreed frezen bestaande asfaltconstructie (ca. 120 mm);
- rijbaanbreed verwijderen bestaande betonstraatstenen (80 mm);
- ontgraven zandondergrond tot het gewenste niveau (ca. 375 mm vanaf maaiveld niveau);
- rijbaanbreed aanbrengen fundering 250 mm menggranulaat;
- rijbaanbreed aanbrengen onderlaag 50 mm AC 22 OL-B;
- rijbaanbreed aanbrengen tussenlaag 40 mm AC 16 TL-B;
- rijbaanbreed aanbrengen deklaag 35 mm AC 11 DL-B.

De OIA ontwerpberekening is opgenomen in bijlage B.

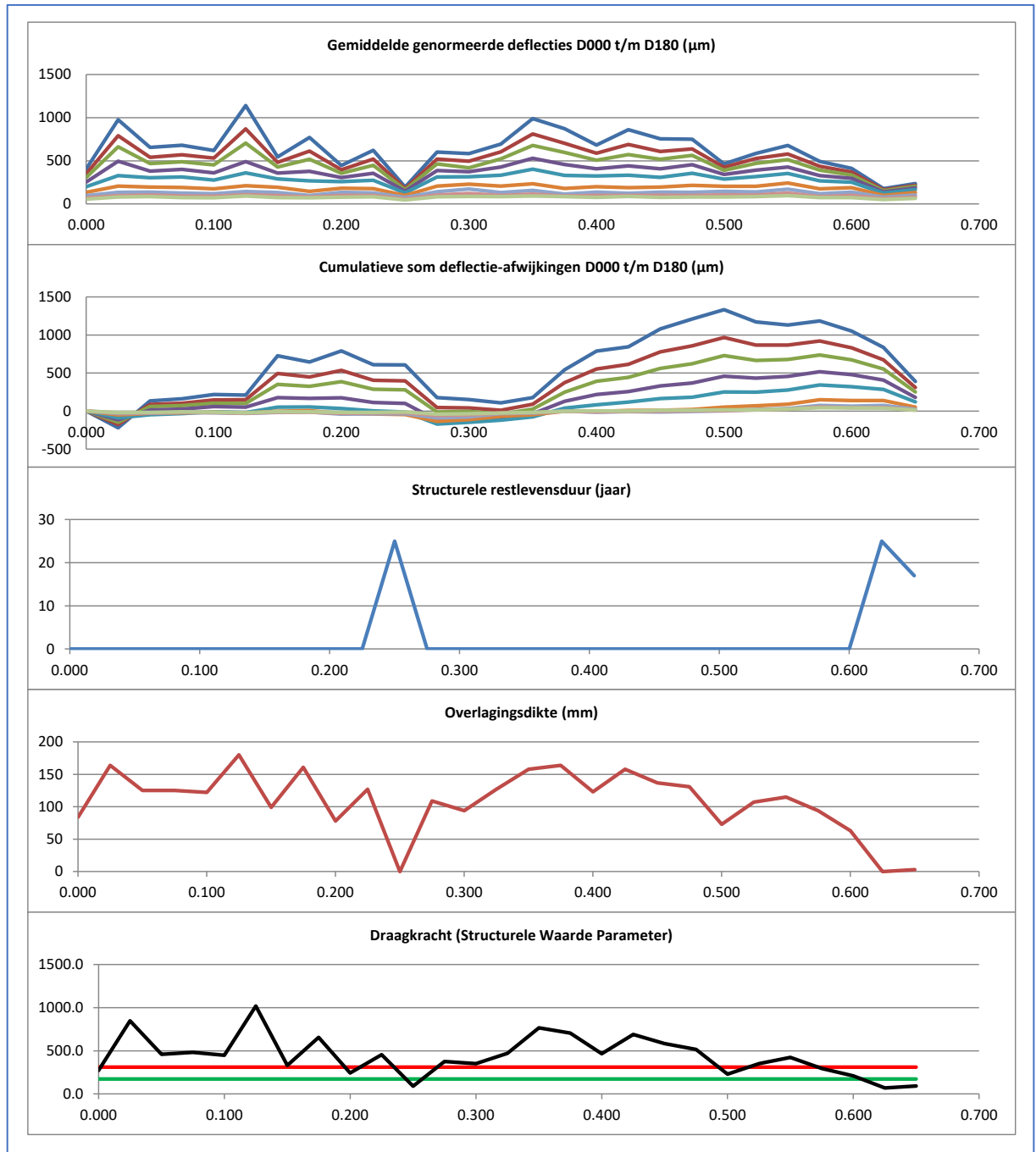
### Samenvatting

Figuur 3 en Figuur 4 geven een samenvatting weer van de onderzoeksresultaten:



**Figuur 3: Analyse gemeten deflecties, berekende structurele restlevensduur en versterkingsdikte Steenweg, rechterrijstrook**

De onderste grafiek in bovenstaande Figuur 3 gaat over de structurele Waarde Parameter (SWP). De SWP geeft aan of de draagkracht van een wegverharding in balans is in relatie tot de verkeersbelasting. De SWP is gebaseerd op de relatie tussen de maximale kromming van een deflectieprofiel (IDK600) en de rek die onderin het asfalt optreedt. Deze relatie biedt de mogelijkheid om zonder complex rekenwerk inzicht te krijgen in de structurele draagkracht van een asfaltconstructie. In de grafiek van de SWP zijn twee referentielijnen getekend waardoor drie velden ontstaan, met daarin de kwalificaties onvoldoende (boven de rode lijn), in balans (tussen groene en rode lijn) en voldoende (onder de groene lijn).

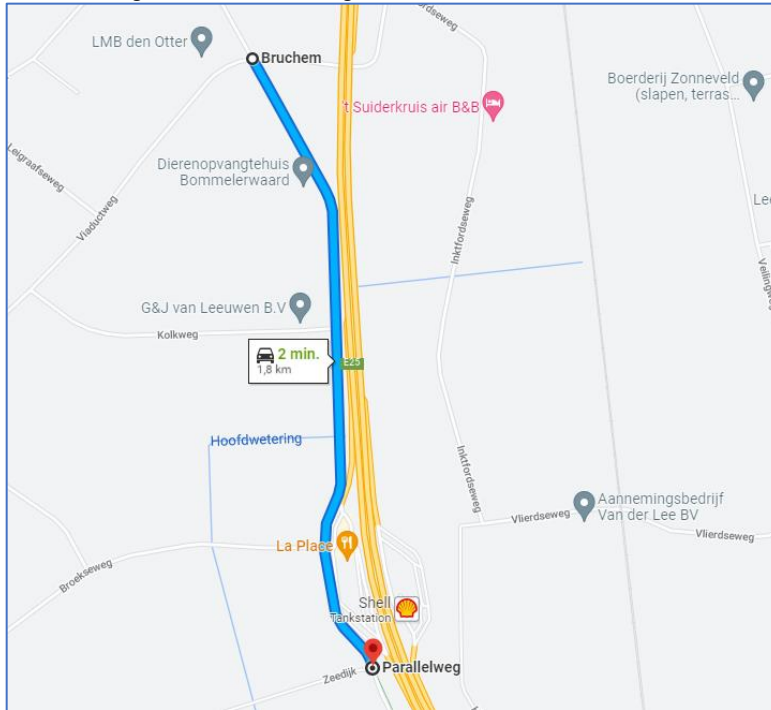


**Figuur 4:** Analyse gemeten deflecties, berekende structurele restlevensduur en versterkingsdikte Steenweg, linkerrijstrook

### 3.4 Parallelweg

#### Locatie weg

In Figuur 5 is de ligging van de Parallelweg en het nulpunt van de onderzoeken aangegeven. Het nulpunt is de kruising met de Viaductweg.



**Figuur 5 Geografische ligging gedeelte Parallelweg**

#### Geconstateerde schades

De asfaltconstructie vertoont licht tot matige langs- en dwarsscheuren in kleine omvang. Er is lichte randschade in kleine omvang aangetroffen. Er is lichte tot matige rafeling in kleine omvang aangetroffen. Er is matige oneffenheden in kleine omvang aangetroffen.

#### Bestaande asfaltverharding

Uit het aangeleverde boorkernonderzoek blijkt, dat het bestaande asfaltpakket een dikte heeft van circa 110 mm in het eerste wegvak tussen 0 – 350 meter t.o.v. het nulpunt.

In het tweede deel tussen 350 meter – 1.800 meter t.o.v. het nulpunt is het asfalt circa 160 mm dik.

Onder het asfaltpakket bevindt zich een laag van betonstraatstenen van 80 mm. Daaronder is zand aangetroffen.

#### Restlevensduur

Op basis van de analyse van de valgewichtdeflectiemetingen en het boorkernonderzoek is de structurele restlevensduur van de verhardingsconstructie en de bijbehorende versterkingsdikte berekend. Figuur 9 en Figuur 10 geven per meetpunt de berekende restlevensduur en de berekende versterkingsdikte weer.

De structurele restlevensduur verschilt per subvak:

- Wegvak 1: 0 – 375 meter t.o.v. het nulpunt  
De structurele restlevensduur is verstreken. De benodigde versterkingsdikte bedraagt 150 mm.

- **Wegvak 2: 375 – 700 meter t.o.v. het nulpunt**  
De structurele restlevensduur is voldoende voor de komende 20 jaar en er is geen behoefte aan versterking.
- **Wegvak 3: 700 – einde t.o.v. het nulpunt**  
De structurele restlevensduur is beperkt. De benodigde versterkingsdikte bedraagt bij de meeste meetpunten gemiddeld 75 mm.

#### Onderhoudsadvies

Op basis van de draagkrachtberekeningen wordt het onderzoeksvak opgedeeld in de volgende 3 homogene adviesvakken:

- **Wegvak 1: 0 – 375 meter t.o.v. het nulpunt**

In Figuur 6 is de ligging van wegvak 1 aangegeven:



**Figuur 6 Ligging wegvak 1: 0 – 375 m**

De draagkracht van dit wegvak is onvoldoende voor de komende 20 jaar. Deze resultaten worden bevestigd door de inspectie waaruit is gebleken dat op dit wegvak meer schades zijn waargenomen dan bij de overige wegvakken. De bestaande asfaltconstructie lijkt niet overal voldoende dik te zijn, de asfaltdikte bedraagt gemiddeld 110 mm. Er wordt een grote overlagingdikte van circa 150 mm berekend, die om praktische redenen niet uitvoerbaar is. Op basis hiervan wordt geadviseerd om een rehabilitatiemaatregel uit te voeren waarbij de bestaande verharding wordt verwijderd en deze te vervangen door een nieuwe wegverharding. Voor de nieuwbouw verhardingsconstructie is een ontwerpberekening gemaakt met het programma Ontwerp Instrumentarium Asfaltverhardingen (OIA) 2.0 van het CROW. Voor het maken van de berekening is gebruik gemaakt van de uitgangspunten van Tabel 1. Uit de berekening volgt een theoretische asfaltdikte van 117 mm. Geadviseerd wordt om de

asfaltconstructie in 3 lagen aan te brengen met minimale laagdiktes: 50 mm onderlaag, 40 mm tussenlaag en 35 mm deklaag. Hierdoor kunnen potentiële oneffenheden vanuit zowel de ondergrond als vanuit de asfaltonderlaag tijdens het aanbrengen van de twee bovengelegen asfaltlagen gladgestreken worden.

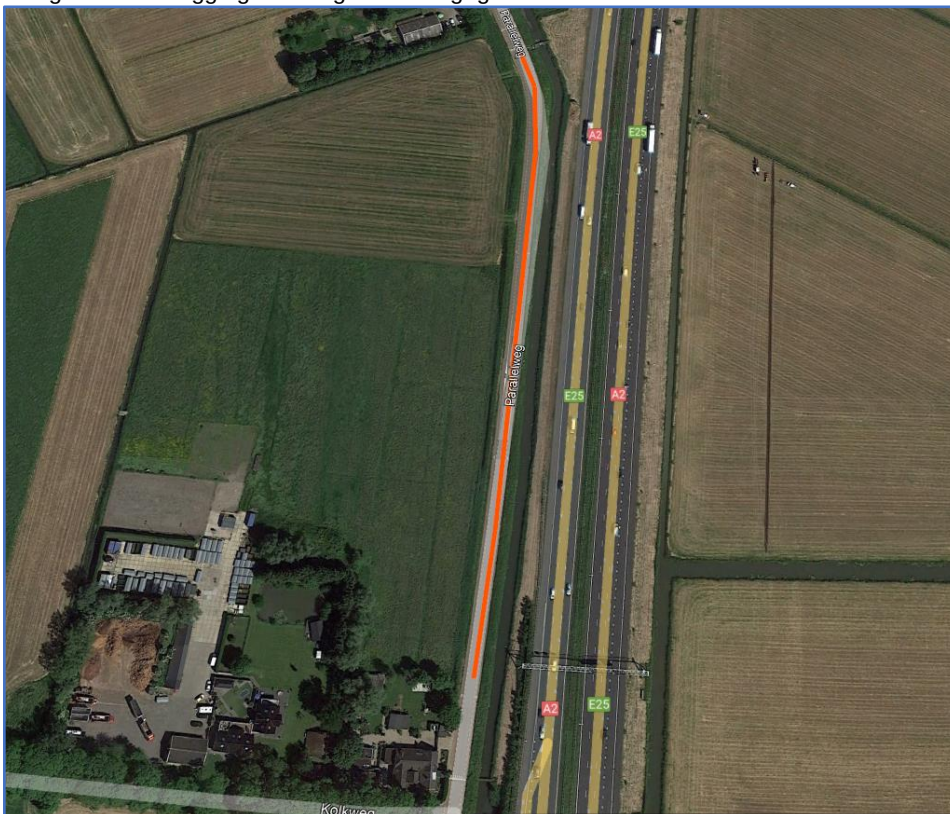
Geadviseerd wordt de volgende onderhoudsmaatregel toe te passen:

- rijbaanbreed frezen bestaande asfaltconstructie (ca. 110 mm);
- rijbaanbreed verwijderen bestaande betonstraatstenen (80 mm);
- ontgraven zandondergrond tot het gewenste niveau (ca. 375 mm vanaf maaiveld niveau);
- rijbaanbreed aanbrengen fundering 250 mm menggranulaat;
- rijbaanbreed aanbrengen onderlaag 50 mm AC 22 OL-B;
- rijbaanbreed aanbrengen tussenlaag 40 mm AC 16 TL-B;
- rijbaanbreed aanbrengen deklaag 35 mm AC 11 DL-B.

De OIA ontwerpberekening is opgenomen in bijlage B.

➤ **Wegvak 2: 375 – 700 meter t.o.v. het nulpunt**

In Figuur 7 is de ligging van wegvak 2 aangegeven:



**Figuur 7 Ligging wegvak 2: 375 – 700 m**

De draagkrachtberekeningen tonen aan dat het wegvak voldoende draagkracht heeft voor de komende 20 jaar. Deze resultaten worden bevestigd door de schouw waaruit is gebleken dat de weg er redelijk bij ligt.

Gebaseerd hierop wordt onderstaande onderhoudsmaatregel geadviseerd:

- rijbaanbreed frezen 40 mm;
- lokaal onderhoud (zie hierna);

- rijbaanbreed aanbrengen deklaag 40 mm AC 11 DL-B.

#### *Lokaal onderhoud*

- bakfreen 50 mm, breedte tenminste 1,5 m;
- aanbrengen CompoGrid CG100L glasvezel asfaltwapening (of vergelijkbaar);
- aanbrengen inlage 50 mm AC 16 TL-B.

Lokaal onderhoud wordt geadviseerd waar na het frezen ernstige scheuren of randschade, losliggende of gedesintegreerde lagen aanwezig zijn.

Het percentage lokaal onderhoud wordt geschat op 5% van de totale oppervlakte van het subvak 375 – 700 meter.

De OIA ontwerpberekening is opgenomen in bijlage B.

#### ➤ **Wegvak 3: 700 – einde t.o.v. het nulpunt**

In Figuur 8 is de ligging van wegvak 3 aangegeven:



**Figuur 8 Ligging wegvak 3: 700 m – einde**

De draagkrachtberekeningen tonen aan dat het wegvak onvoldoende draagkracht heeft voor de komende 20 jaar. De berekeningen tonen aan dat een versterking van gemiddeld 75 mm noodzakelijk is om de draagkracht voor de komende 20 jaar te borgen. Gelet hierop wordt geadviseerd de deklaag te frezen, lokaal onderhoud uit te voeren en de verhardingsconstructie te versterken over de gehele lengte om de structurele restlevensduur voor de komende 20 jaar te borgen en om een homogene asfaltconstructie te

krijgen over het gehele wegvak.

Gebaseerd wordt de volgende onderhoudsmaatregel:

- rijbaanbreed frezen 40 mm;
- lokaal onderhoud (zie hierna);
- rijbaanbreed aanbrengen tussenlaag 75 mm AC 22 TL-B;
- rijbaanbreed aanbrengen deklaag 40 mm AC 11 DL-B.

*Lokaal onderhoud*

- bakfrezen 50 mm, breedte tenminste 1,5 m;
- aanbrengen CompoGrid CG100L glasvezel asfaltwapening (of vergelijkbaar);
- aanbrengen inlage 50 mm AC 16 TL-B.

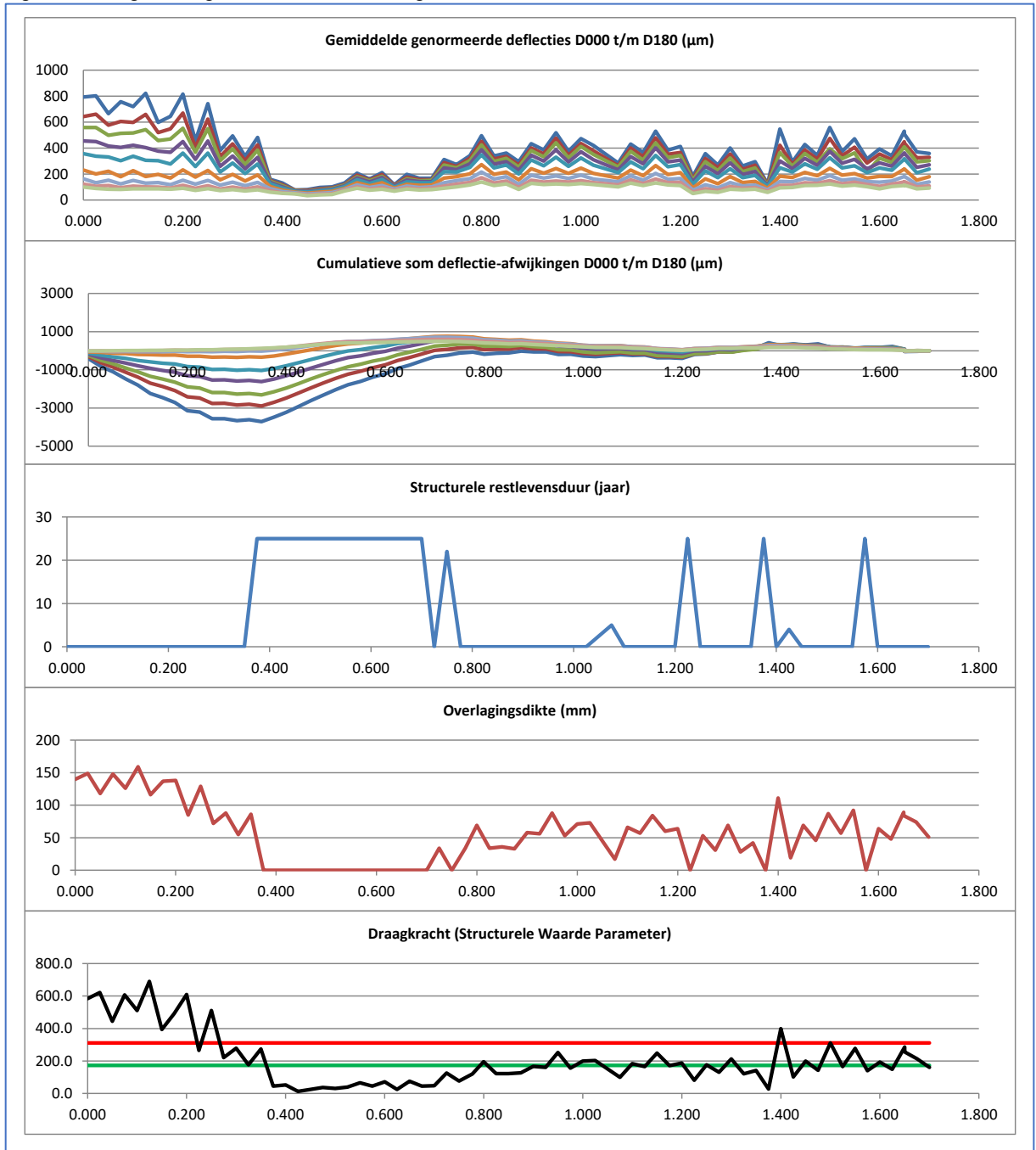
Lokaal onderhoud wordt geadviseerd waar na het frezen ernstige scheuren of randschade, losliggende of gedesintegreerde lagen aanwezig zijn.

Het percentage lokaal onderhoud wordt geschat op 5% van de totale oppervlakte van het subvak 700 – 1.800 m.

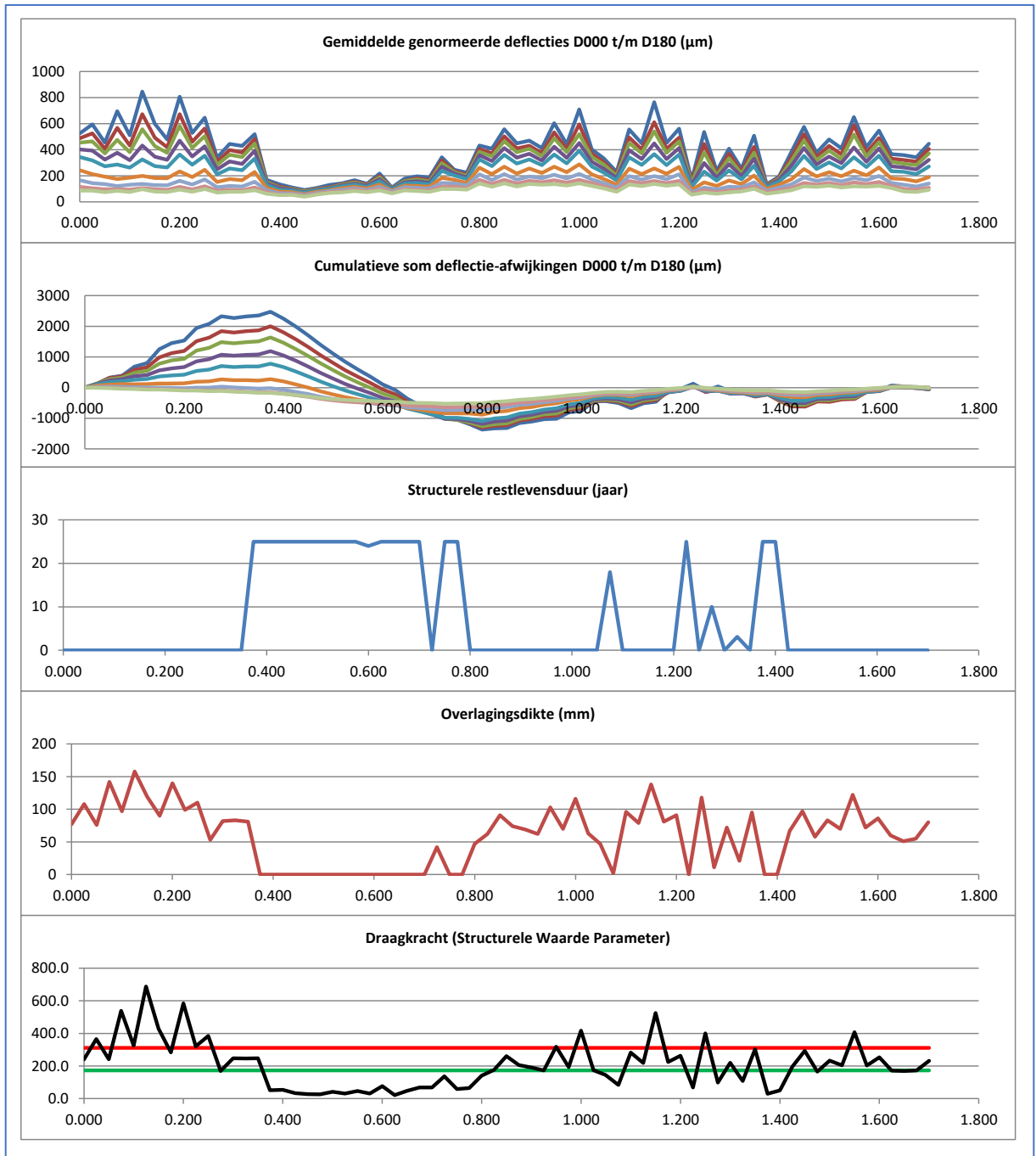
Toepassing van bovenstaande onderhoudsmaatregel leidt tot het verhogen van het wegdek niveau met 75 mm. Aangrenzende objecten (indien aanwezig) dienen hierop aangesloten te worden.

## Samenvatting

Figuur 9 en Figuur 10 geven een samenvatting weer van de onderzoeksresultaten:



**Figuur 9: Analyse gemeten deflecties, berekende structurele restlevensduur en versterkingsdikte Parallelweg, rechterrijstrook**



**Figuur 10: Analyse gemeten deflecties, berekende structurele restlevensduur en versterkingsdikte Parallelweg, linkerrijstrook**

#### **4. Literatuuroverzicht**

1. CROW, publicatie 92, Deflectieprofiel geen valkuil meer (augustus 1995).
2. CROW, Valgewichtdeflectiemetingen voor wegbeheerders, grip op onzichtbare draagkracht (januari 2015).
3. CROW, publicatie 157, Dunne Asfaltverhardingen: dimensionering en herontwerp (januari 2002).
4. CROW, Ontwerpen met asfaltmengsels uit de Standaard RAW Bepalingen – Informatieblad Infrastructuur, Kennisplatform (september 2015).
5. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Handleiding Ontwerp- en Herontwerpsysteem Asfaltbetonverhardingen CARE (september 2004).

# Unihorn

## Verbinders in Infra

Unihorn zet zich in voor een duurzame en veilige infrastructuur en openbare ruimte, nu en in de toekomst.

We onderzoeken, ontwerpen en adviseren. Dat doen we met een overkoepelende blik en een duidelijke visie. Al sinds 1992.

Dankzij onze achtergrond weten we haarfijn wat haalbaar en maakbaar is. We verdiepen ons echt in wat onze opdrachtgevers nodig hebben.

Onze onderzoekers en adviseurs werken landelijk voor overheidsorganisaties, bedrijven en private partijen.

### **Onze disciplines**

Geodata & Monitoring

Milieu

Ontwerp

Verhardingen

Asset Management

Vooruitkijken is noodzakelijk om voorop te blijven. Daarom zijn we voortdurend met nieuwe ontwikkelingen bezig. Ook volgen we de innovaties in ons vakgebied, maar ook daarbuiten, op de voet.

De wereld transformeert naar een circulaire economie. Dat betekent dat je al in het ontwerpstadium rekening moet houden met onderhoud en hergebruik. Ontwerp, realisatie en asset management groeien dan ook steeds meer naar elkaar toe. Dit vraagt om vakmensen met verstand van engineering, uitvoering én beheer. Daar spelen we nadrukkelijk op in, zodat we ook in de toekomst de verbindende factor zijn als het op infrastructuur aankomt.

**Noem ons verbinders in infra  
de partij die het fundament legt onder infrastructuur.**

Benaderbaar  
Innovatief  
Klantgericht  
Pragmatisch  
Samenwerking  
Verbinding



**Vestigingen** Scharwoude | Capelle aan den IJssel | Oldenzaal  
info@unihorn.nl | 0229-547850 | Postbus 58 | 1633 ZH Avenhorn  
**unihorn.nl**

**Bijlage A**  
**CROW-certificaat calibratie valgewichtdeflectiemeter**

# Certificaat

*Unihorn BV*, gevestigd te Scharwoude

heeft op 13 maart 2018 deelgenomen aan een paarsgewijze vergelijking van valgewichtdeflectiemeters

met valgewichtdeflectiemeter **Dynatest 8082**, productienummer **040**

Uit de resultaten van dit onderzoek is gebleken dat deze valgewichtdeflectiemeter voldoet aan de herhaalbaarheidseisen en de reproduceerbaarheidseisen zoals omschreven in CROW-rapport D11-07 'Falling weight deflectometer calibration guide' Protocol 11: 'Falling weight deflectometer pairwise correlation trial'

De uit het onderzoek bepaalde valgewichtdeflectiemeter-correlatiefactor, bepaald conform Protocol 11: 'Falling weight deflectometer pairwise correlation trial', is

**0,916**

ten opzichte van de op 13 maart 2018 ingestelde factor met gebruikmaking van de filteroptie op 60 Hz.

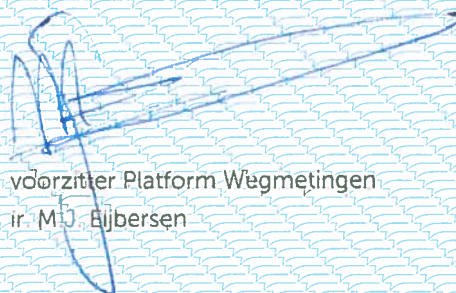
Dit certificaat is geldig tot en met 31 maart 2020.

De directie van Unihorn BV verklaart hierbij de valgewichtdeflectiemeter-correlatiefactor toe te passen bij de verwerking van data, die gemeten worden met bovenvermeld apparaat.



directeur CROW  
dr. ir. I.W. Koster

Ede, 23 maart 2018



voorzitter Platform Wegmetingen  
ir. M.J. Bijbersen

**Bijlage B**  
**Uitvoer (OIA)ontwerpberekeningen**

## Algemeen

|      |                                  |
|------|----------------------------------|
| Naam | Zaltbommel: Steenweg-Parallelweg |
| Type | Nieuwbouwontwerp                 |

## Resultaat

|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| Type berekening      | Dikteberekening |
| Te berekenen laag    | Onderlaag 1     |
| Berekende levensduur | 20,5            |

| Laag                 | Naam                 | H (mm) | E (MPa) | S <sub>s</sub> | S <sub>f</sub> | Schade bereikt (%) | Criterium             |
|----------------------|----------------------|--------|---------|----------------|----------------|--------------------|-----------------------|
| Deklaag              | DL-B 11              | 35     | 4.572   | 1,000          | 1,000          | 0                  | vermoeying onderin    |
| Tussenlaag           | TL-B 16              | 40     | 5.588   | 1,000          | 1,000          | 1                  | vermoeying onderin    |
| Onderlaag 1          | RAW-onderlaagmengsel | 42     | 6.816   | 1,000          | 1,000          | 100                | vermoeying onderin    |
| Totaal               |                      | 117    | 5.585   |                |                |                    |                       |
| Ongebonden fundering | Menggranulaat        | 250    | 400     |                |                | 0                  |                       |
| Ondergrond           | Zand                 |        | 100     |                |                | 4                  | permanente vervorming |

## Constructie

|                      |     |
|----------------------|-----|
| Is gefaseerd ontwerp | Nee |
|----------------------|-----|

### Deklaag

|                        |         |
|------------------------|---------|
| Naam                   | DL-B 11 |
| Type/Korrel/Toevoeging | AC - 11 |
| Minimum laagdikte (mm) | 20      |
| Maximum laagdikte (mm) | 50      |

#### Stijfheid

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| Poissongetal                    | 0,35      |
| Karakteristieke frequentie (Hz) | 8,0       |
| Stijfheidscoëfficiënt C1        | 9,219174  |
| Stijfheidscoëfficiënt C2        | -0,018400 |

#### CE-gegevens

|                       |      |
|-----------------------|------|
| Bitumengehalte        | 3,0  |
| ITSR                  | 80   |
| Stijfheidsmodulus 50% | 4500 |

#### Vermoeiing

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Vermoeiingscoëfficiënt C1 | 39,176620 |
| Vermoeiingscoëfficiënt C2 | -0,064449 |
| Vermoeiingscoëfficiënt C3 | 1,404363  |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| Herkomst gegevens         |     |
| Toepasbaar als deklaag    | Ja  |
| Toepasbaar als tussenlaag | Nee |
| Toepasbaar als onderlaag  | Nee |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| C-getal (°K)             | 11242,0   |
| Stijfheidscoëfficiënt C3 | -0,001098 |
| Stijfheidscoëfficiënt C4 | 0,000000  |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| Holle ruimte (%)                | 4,0 |
| Weerstand permanente vervorming | 1,4 |
| Weerstand vermoeying 50% (µm/m) | 115 |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Vermoeiingscoëfficiënt C4 | -1,002192 |
| Vermoeiingscoëfficiënt C5 | -0,212611 |
| Healingfactor             | 4,00      |

Tussenlaag

|                        |         |
|------------------------|---------|
| Naam                   | TL-B 16 |
| Type/Korrel/Toevoeging | AC - 16 |
| Minimum laagdikte (mm) | 25      |
| Maximum laagdikte (mm) | 60      |

Stijfheid

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| Poissongetal                    | 0,35      |
| Karakteristieke frequentie (Hz) | 8,0       |
| Stijfheidscoëfficiënt C1        | 9,419845  |
| Stijfheidscoëfficiënt C2        | -0,018400 |

CE-gegevens

|                       |      |
|-----------------------|------|
| Bitumengehalte        | 3,0  |
| ITSR                  | 60   |
| Stijfheidsmodulus 50% | 5500 |

Vermoeiing

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Vermoeiingscoëfficiënt C1 | 39,176620 |
| Vermoeiingscoëfficiënt C2 | -0,064449 |
| Vermoeiingscoëfficiënt C3 | 1,404363  |

Onderlaag 1

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| Naam                   | RAW-onderlaagmengsel |
| Type/Korrel/Toevoeging | AC - 16              |
| Minimum laagdikte (mm) | 25                   |
| Maximum laagdikte (mm) | 60                   |

Stijfheid

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| Poissongetal                    | 0,35      |
| Karakteristieke frequentie (Hz) | 8,0       |
| Stijfheidscoëfficiënt C1        | 9,618547  |
| Stijfheidscoëfficiënt C2        | -0,018400 |

CE-gegevens

|                       |      |
|-----------------------|------|
| Bitumengehalte        | 3,0  |
| ITSR                  | 70   |
| Stijfheidsmodulus 50% | 8000 |

Vermoeiing

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Vermoeiingscoëfficiënt C1 | 39,176585 |
| Vermoeiingscoëfficiënt C2 | -0,064449 |
| Vermoeiingscoëfficiënt C3 | 1,404363  |

Ongebonden fundering

|                                    |               |
|------------------------------------|---------------|
| Naam                               | Menggranulaat |
| Stijfheidsmodulus (MPa)            | 400           |
| Toelaatbare buigtrekspanning (KPa) | 0,0           |

Ondergrond

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Naam                    | Zand |
| Stijfheidsmodulus (MPa) | 100  |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| Herkomst gegevens         |     |
| Toepasbaar als deklaag    | Nee |
| Toepasbaar als tussenlaag | Ja  |
| Toepasbaar als onderlaag  | Nee |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
|                          |           |
| C-getal (°K)             | 11242,0   |
| Stijfheidscoëfficiënt C3 | -0,001098 |
| Stijfheidscoëfficiënt C4 | 0,000000  |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| Holle ruimte (%)                | 6,5 |
| Weerstand permanente vervorming | 0,4 |
| Weerstand vermoeiing 50% (µm/m) | 70  |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Vermoeiingscoëfficiënt C4 | -0,561842 |
| Vermoeiingscoëfficiënt C5 | -0,212611 |
| Healingfactor             | 4,00      |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| Herkomst gegevens         |     |
| Toepasbaar als deklaag    | Nee |
| Toepasbaar als tussenlaag | Nee |
| Toepasbaar als onderlaag  | Ja  |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
|                          |           |
| C-getal (°K)             | 11242,0   |
| Stijfheidscoëfficiënt C3 | -0,001098 |
| Stijfheidscoëfficiënt C4 | 0,000000  |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| Holle ruimte (%)                | 4,5 |
| Weerstand permanente vervorming | 0,2 |
| Weerstand vermoeiing 50% (µm/m) | 105 |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Vermoeiingscoëfficiënt C4 | -1,058189 |
| Vermoeiingscoëfficiënt C5 | -0,212611 |
| Healingfactor             | 4,00      |

|                        |      |
|------------------------|------|
| Herkomst gegevens      |      |
| Poissongetal           | 0,35 |
| Zelfbindende fundering | Nee  |

|                   |      |
|-------------------|------|
| Herkomst gegevens |      |
| Poissongetal      | 0,35 |

## Verkeer

|                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| Herkomst verkeersbelasting | Schatting / prognose |
| Ontwerpperiode (jr)        | 20,0                 |

|                                             |                                   |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| Jaarlijkse groei (%)                        | 1,5                               |
| Aantal motorvoertuigen per dag per richting | 50                                |
| Percentage vrachtverkeer (%)                | 100,0                             |
| Aantal vrachtauto's per dag per richting    | 50                                |
| Aantal dagen per jaar                       | 270                               |
| Aslastspectrum                              | Gemeente weg normaal              |
| Gemiddeld aantal assen per vrachtwagen      | 3,5                               |
| Bandenspectrum                              | 40% Breedband - 60 % Dubbel Lucht |
| Aantal rijstroken per rijrichting           | 1                                 |
| Rijstrookbreedte (m)                        | 3,00                              |
| Afstand rijspoor tot rand verharding (m)    | 0,20                              |
| Snelheid vrachtverkeer (km/u)               | 50                                |

### Aslastspectrum Gemeente weg normaal

| Bereik  | Rekenwaarde | %     |
|---------|-------------|-------|
| 20-40   | 30          | 8,67  |
| 40-60   | 50          | 40,71 |
| 60-80   | 70          | 25,97 |
| 80-100  | 90          | 13,66 |
| 100-120 | 110         | 8,05  |
| 120-140 | 130         | 2,18  |
| 140-160 | 150         | 0,38  |
| 160-180 | 170         | 0,38  |
| 180-220 | 190         | 0,00  |
| 200-220 | 210         | 0,00  |

### Bandenspectrum 40% Breedband - 60 % Dubbel Lucht

| Band | %     |
|------|-------|
| BB   | 40,00 |
| DL   | 60,00 |
| EL   | 0,00  |
| SB   | 0,00  |

## Instellingen

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| Betrouwbaarheid              | 70        |
| Toelaatbaar schadepercentage | 15        |
| Ontwerpmode                  | Standaard |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Vermoeiing onder in asfalt                   | Ja  |
| Verbrijzeling bovenin gebonden fundering     | Nee |
| Breuk onderin gebonden fundering             | Nee |
| Vermoeiing onderin gebonden fundering        | Nee |
| Permanente deformatie bovenin onderfundering | Ja  |
| Permanente deformatie bovenin ondergrond     | Ja  |

## **Bijlage C**

### **Duurzaamheid**

## **1. Waarom duurzaamheid?**

### **1.1. Ambitie Unihorn**

Unihorn heeft als doel binnen de gehele organisatie duurzaamheid te implementeren. Onze ambitie is deze implementatie op bedrijfsniveau, projectniveau en productniveau plaats te laten vinden. Het uitgangspunt voor deze implementatie is het people-planet-prosperity model, waarbij gezocht wordt naar een balans tussen de elementen mens, milieu en maatschappelijke welvaart.

Unihorn wenst nadrukkelijk voorop te lopen bij duurzame en maatschappelijk verantwoorde ontwerpen en adviezen. Duurzaamheid van de door Unihorn te leveren diensten en producten wordt deels bepaald door de uitgangspunten die de opdrachtgever heeft vastgesteld. Maar de ruimte die daarbinnen wordt gegeven, kan optimaal worden ingevuld, doordat duurzaamheid in de bedrijfsvoering is geborgd.

Unihorn is verder ISO 14001 gecertificeerd, waardoor aantoonbaar milieurelevante aspecten in de bedrijfsvoering worden beheerst.

Het MVO-beleid is gestoeld op de 4 D's:

- Duurzaamheid staat voor een lange levensduur;
- Duurzaamheid staat voor het zo min mogelijk belasten van het milieu;
- Duurzaamheid staat voor een gezonde en werkbare omgeving;
- Duurzaamheid staat voor kwaliteit.

Duurzaamheid betekent zoeken naar het optimum tussen de investering in materiaal, de levensduur, de kwaliteit en de kosten van aanleg en onderhoud van infrastructurele voorzieningen. Duurzaamheid is niet inferieur en niet of nauwelijks duurder.

### **1.2. Duurzaamheid op projectniveau**

De bijlage duurzaamheid voegen wij toe aan elke rapportage die wij voor een klant opstellen. Deze bijlage moet bijdragen aan onze doelstelling duurzaamheid te implementeren op projectniveau.

Wij hebben in deze bijlage een aantal praktische voorbeelden uitgewerkt die kunnen bijdragen aan duurzaamheid binnen de aanleg, het beheer en onderhoud van wegverhardingen. Wij zijn van mening dat enkele van deze voorbeelden relevant zijn voor uw praktijk. In bovenliggende rapportage hebben wij daar naar verwezen.



Mocht u interesse hebben in deze of andere voorbeelden, neemt u dan gerust contact met ons op. Als u voorbeelden kent die niet in deze bijlage zijn opgenomen, dan vernemen wij dat graag. Zo werken wij samen aan een duurzame toekomst.

## 2. Duurzaamheid in de praktijk

Binnen ons werk komen wij geregeld met duurzaamheid in aanraking. Een verzameling van onze ervaringen en die van de sector als geheel is onderstaand uitgewerkt.

### 1. Verruimen werkbare uren

De tijd waarbinnen werkzaamheden op en aan de weg worden uitgevoerd, bepalen in ruime mate de mogelijke productie. Het gevolg van krappe werkbare uren is dat er vaker teruggekomen wordt. Door de werkbare uren te verruimen, kan de dagelijkse productie worden verhoogd. Daardoor zijn minder dagen nodig om de werkzaamheden uit te voeren. Dit betekent minder transport en meer mogelijkheden voor een integrale aanpak van het project.

### 2. Gecombineerd uitvoeren van werkzaamheden in één keer

Door verschillende werkzaamheden te bundelen in één werkgang, kan het aantal keren dat de weg niet beschikbaar is worden beperkt. Dat vraagt een meer integrale aanpak van de uitvoering van de werkzaamheden. Maar uiteindelijk is dit goedkoper en bovendien zorgt het voor minder wegafzettingen en minder overlast voor de omgeving.

### 3. Duurzaamheid stimuleren in de aanbesteding

Vaak richt een project zich op de eisen en wensen van de opdrachtgever, welke in een contract zijn verwoord. Als daar niet (expliciet) rekening wordt gehouden met duurzaamheid, wordt de markt niet uitgedaagd om duurzaamheid te betrekken in de uitvoering. Duurzaamheid meenemen als gunningscriterium kan daarom worden gebruikt om de markt uit te dagen en te stimuleren. Gunning op basis van de economisch meest voordelige inschrijving biedt de mogelijkheid om duurzaamheid in het project in te brengen.

### 4. Vaker digitale informatie uitwisseling

Nog steeds worden tussen opdrachtgever en opdrachtnemer correspondentie en rapportages geregeld (in veelvoud) analoog uitgewisseld. Onnodig drukwerk en het vervoer daarvan kan worden voorkomen, door deze uitwisseling te digitaliseren. De mogelijkheden daarvoor zijn steeds omvangrijker.

### 5. Levensduurverlengend onderhoud

Een meerjarenplanning biedt niet altijd uitkomst op projectniveau. Een groot onderhoudsmoment komt soms later dan in de praktijk is benodigd. Het naar voren halen van het groot onderhoud is dikwijls niet mogelijk. Een vaak gekozen oplossing is dan om tussentijds de levensduur van de verharding te verlengen, om de periode tot het eerstvolgende groot onderhoud te overbruggen.

Door middel van levensduurverlenging kan de veroudering worden vertraagd en kan de levensduur van een onderdeel worden verlengd. Met behulp van levensduurverlengend onderhoud kan dus het interval van groot onderhoud worden geoptimaliseerd en onnodig verlies van kwaliteit en onnodig versneld uitvoeren van groot onderhoud worden voorkomen.

### 6. Hergebruik asfalt

Bitumen is een restproduct van het raffinageproces in de olie-industrie. De wegenbouw kan daardoor niet direct invloed uitoefenen op de productie van bitumen. Beheersmaatregelen zijn er daardoor niet in de productie. Bitumen heeft als goede eigenschap dat dit volledig recyclebaar is. Bitumina kunnen na gebruik weer worden hergebruikt op hetzelfde niveau in de keten. Dit is ook van toepassing op de andere bestanddelen van het product asfalt, zoals het aggregaat en de vulstoffen.

De mogelijkheid bestaat daarom om te streven naar hoge percentages van hergebruik, waardoor minder nieuwe grondstoffen zijn benodigd.

7. Speciale asfaltconstructies

Niet elke weg is hetzelfde. Zo is de verkeersbelasting niet op elke weg gelijk. Maar ook de grond waarop een weg wordt aangelegd is niet altijd even draagkrachtig. In situaties met een slecht draagkrachtige ondergrond kan daarom worden gekozen voor het toepassen van lichtgewicht asfaltconstructies. Deze voorkomen dat er te veel zetting in de ondergrond optreedt en zijn beter bestand tegen de gevolgen van restzettingen.

8. Asfaltmengsels met speciale bitumineuze bindmiddelen

Een belangrijk onderdeel van een asfaltverharding is bitumen. Er zijn speciale bitumineuze bindmiddelen beschikbaar die geschikt zijn voor zwaarder belaste verhardingen. Voorbeelden daarvan zijn ontsluitingswegen, autosnelwegen en parkeerterreinen, maar ook bedrijfsverhardingen, vliegvelden en haventerreinen. Deze producten zijn beter bestand tegen de bijzondere belasting en verhogen daardoor de levensduur van het product onder die omstandigheden. Een andere toepassing van speciale bitumen is als scheurremmende toevoeging of in een voegloze overgang (in een kunstwerk).

Uiteindelijk leiden deze producten tot dunnere constructies, waardoor minder materiaal is benodigd. Dat leidt tot minder transport en dus minder CO<sub>2</sub>-uitstoot.

9. Koud verwerkbare asfaltmengsels

Lage temperatuur asfalt wordt geproduceerd bij een lagere temperatuur. Het asfalt wordt hierbij niet geproduceerd bij 165-175°C maar bij 90-100°C. De verwachting is dat de kwaliteit en levensduur van asfaltmengsels met een lage productietemperatuur en conventionele mengsels vergelijkbaar zijn. Verder is het mogelijk om in dit productieproces asfaltgranulaat her te gebruiken tot meer dan 50%. De keuze voor lage temperatuur asfalt zorgt voor een directe energiewinst van 25 - 40 % en een CO<sub>2</sub>-reductie van omstreeks 50%. Verder levert de lagere temperatuur betere werkomstandigheden op voor de asfaltploeg (minder overlast van rook, stoom, brandwonden etc.). Een praktisch voordeel is een snellere aanleg: het asfalt is eerder voldoende afgekoeld zodat de stijfheid en sterkte van de constructie de verkeerslast kan dragen.

10. Dunne deklagen

Met name in stedelijke omgevingen worden, ten behoeve van geleuidreductie en onderhoud, dunne deklagen steeds vaker toegepast. Deze asfaltmengsels worden in een dunne laag (ongeveer 10-30 mm) aangelegd. Door de fijne oppervlaktetextuur blijken dunne deklagen sterk geluidreducerend te werken. De meeste dunne deklagen hebben bovendien een percentage van 10 tot 15 holle ruimte. Dit leidt enerzijds tot de vermindering van geluidafstraling ten gevolge van aerodynamische processen, en anderzijds tot significante absorptie bij de dunne deklagen met wat grotere laagdikten.

Dunne deklagen kunnen daarnaast worden toegepast als levensduur verlengende maatregel bij schade aan deklaag. Een bijkomend voordeel is vaak dat verhoging van aanliggende werken niet benodigd is.

11. Asfaltwapening

Wapeningsproducten worden vaak gebruikt om scheurdoorgroei in asfalt tegen te gaan. Wapening is geschikt voor overlaging van asfalt- en betonverhardingen, bij ongelijkmatige zettingen en bij wegverbredingen.

Uiteindelijk leiden wapeningsproducten tot dunnere constructies, waardoor minder materiaal is benodigd. Dat leidt tot minder transport en dus minder CO<sub>2</sub>-uitstoot.

12. Bijzondere verhardingssystemen

Het komt voor dat aan een asfalt- of betonverharding aanvullende eisen worden gesteld. Dit kunnen eisen zijn aan vloeistofdoorlatendheid, geluidreductie, of energieopwekking. Voor veel doelen zijn speciale verhardingstypen ontwikkeld. Zo zijn er bijvoorbeeld vloeistofdichte asfaltconstructies, voegloze overgangen en is er het road energy system. Het road energy system is een systeem waarbij het asfalt als een zonnecollector fungeert. De opgeslagen warmte en koude kan benut worden voor veel doeleinden. Maar ook voor het verwarmen en koelen van gebouwen en woningen. Een belangrijk voordeel is dat de CO<sub>2</sub> uitstoot drastisch vermindert door dat er geen gas gebruikt wordt. Bovendien is het mogelijk het gebouw of de woning van koeling te voorzien.

13. Bijzondere productiemethoden

Naast bijzondere verhardingssystemen, zijn er ook bijzondere productiemethoden. Het eerder besproken lage temperatuur asfalt is daar een voorbeeld van, net als het eerder besproken hergebruik van bitumen. Een andere voorbeeld is nauwkeurige monitoring van de dichtheid en uniformering van de kwaliteit.