

Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen

Dienst Grote Projecten en Onderhoud, november 2022

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Begripsbepalingen	2
2.1	Asfaltverhardingen	2
2.2	Ontwerplevensduur of ontwerpperiode	2
2.3	Structurele schade	2
2.4	Overige begrippen	2
3	Bepalen ontwerpbelasting	3
3.1	Verwacht aantal vrachtwagenassen gedurende de ontwerpperiode	3
3.1.1	Aantal vrachtwagens per werkdag per rijrichting	3
3.1.2	Gemiddeld aantal assen per vrachtwagen	3
3.1.3	Aantal werkdagen per jaar	3
3.1.4	Correctiefactor voor het aantal rijstroken per rijrichting	3
3.1.5	Groefactor voor de verkeersbelasting	4
3.1.6	Ontwerpperiode	4
3.2	Karakteristiek aantal vrachtwagenassen gedurende de ontwerpperiode	4
3.3	Aslastspectrum	5
3.4	Bandspectrum	6
3.5	Categorie vrachtauto-intensiteit	6
3.6	Snelheid vrachtverkeer	6
3.7	Afwijkingen tussen voorspelde en werkelijke verkeersbelasting	7
4	Ontwerp verharding	8
4.1	Fundering	8
4.1.1	Funderingsmaterialen	8
4.1.2	Laagdikten standaard funderingsmaterialen	9
4.1.3	Asfaltdekking	9
4.2	Asfaltconstructie	9
4.2.1	Opbouw asfaltconstructie	9
4.2.1.1	Ongefaseerd ontwerp	9
4.2.1.2	Gefaseerd ontwerp	10
4.2.1.3	Alternatieven voor de laagopbouw	10
4.2.2	Functies en vereiste eigenschappen van de asfaltlagen	10
4.2.2.1	Onderlagen	10
4.2.2.2	Tussenlagen	10
4.2.2.3	Deklagen	11
5	Dimensionering verharding	12
5.1	Schematisering constructie	12
5.1.1	Schematisering tot lineair elastisch meerlagensysteem	12
5.1.2	Ondergrond	12
5.1.2.1	Karakteristieke stijfheidsmodulus	12
5.1.2.2	Karakteristieke vervormingsrelatie	13
5.1.2.3	Dwarscontractiecoëfficiënt	13
5.1.3	Fundering	14
5.1.3.1	Karakteristieke stijfheidsmodulus	14
5.1.3.2	Dwarscontractiecoëfficiënt	14
5.1.3.3	Laagdikte fundering	14
5.1.4	Asfaltconstructie	15
5.1.4.1	Karakteristieke stijfheidsmodulus	15
5.1.4.2	Dwarscontractiecoëfficiënt	16
5.1.4.3	Karakteristieke vermoeingssterkte asfalt	16
5.1.4.4	Praktijk - shiftfactor of 'healingfactor'	18
5.2	Dimensioneringsberekeningen en toetsingen	18
5.2.1	Rekenwaarden ontwerpparameters	19
5.2.2	Berekening kritieke rek- en stuikwaarden	20
5.2.3	Berekenen van het verbruik van vermoeingssterkte of vervormingsweerstand door verkeer	

tijdens ontwerpperiode	20
5.2.3.1 Correctie voor versporing	21
5.2.3.2 correctie voor randeffect	21
5.2.4 Toetsen verbruik vermoeiingssterkte / vervormingsweerstand aan toelaatbare waarde	21
5.3 Gebruik van computerprogramma's	22
6 Ontwerprandvoorwaarden	23
6.1 Naden	23
6.1.1 Langsnaden in asfaltonderlagen en -tussenlagen	23
6.1.2 Langsnaden in deklagen	23
6.1.3 Dwarsnaden	23
6.1.4 Constructielangsnaden in wegfunderingen	23
6.2 Hechting tussen asfaltlagen	24
6.3 Homogeniteit verhardingsconstructie in dwarsrichting	24
7 Standaard details	26
7.1 Hoogteverschillen aan rand verharding, open deklagen	26
7.2 Uitstroomconstructies	27
7.3 Vluchthavens	27
7.4 Scheurherstel met asfaltwapening	28
8 Aanvullende ontwerpeisen	29
8.1 Interacties	29
8.2 Eisen aan de bepaling van de functionele eigenschappen	29
9 Begrippen	30
10 Referenties	32

1 Inleiding

Deze Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen dienen als verificatiemethode voor het verhardingstechnisch ontwerp van nieuwe asfaltverhardingen en nieuwe verbredingen van bestaande verhardingen. De hiervoor benodigde berekeningen worden in beginsel uitgevoerd met het Ontwerp Instrumentarium Asfaltverhardingen (in het vervolg genoemd OIA [1]) van CROW.

Deze Specificaties geven de kaders aan waarbinnen OIA voor Rijkswaterstaatswerken moet worden toegepast. Tevens geven deze specificaties een globale toelichting op de methodiek van OIA en geven zij aan welke gegevens op de aan te leveren uitgebreide uitdraai van OIA vermeld moeten zijn en welke aanvullende gegevens nodig zijn om het verhardingsontwerp te kunnen toetsen.

Daarnaast gaan deze Specificaties in op een aantal aanvullende ontwerprandvoorwaarden en beschrijven zij een aantal standaarddetails.

Aanvullende ontwerprandvoorwaarden hangen onder meer samen met de beperkingen van de te gebruiken rekenmodellen, bijvoorbeeld als het gaat om het effect van asfalt- en constructienaden op de levensduur van de verharding of om de modellering van het gedrag van gebonden funderingen.

Bij standaarddetails gaat het om de afbouw van open deklagen bij rand verharding in relatie tot verkeersveiligheid, en om uitstroomconstructies, asfaltgoten en vluchthavens.

In deze Specificaties wordt niet ingegaan op geschiktheid van materialen en technieken. Deze worden behandeld in het kader Verificatie Geschiktheid Wegenbouwmaterialen – technieken.

2 Begripsbepalingen

2.1 Asfaltverhardingen

Asfaltverhardingen worden gedefinieerd als wegverhardingen die een of meer lagen van asfaltbeton bevatten die een substantiële bijdrage levert/leveren aan het draagvermogen.

2.2 Ontwerplevensduur of ontwerpperiode

De ontwerplevensduur is voor asfaltverhardingen gedefinieerd als periode in jaren waarbinnen, met de vereiste betrouwbaarheid

- geen grotere structurele schade optreedt dan de maximaal toegelaten structurele schade, en
- geen overschrijding van de vervormingsweerstand van de ondergrond optreedt.

De ontwerplevensduur voor asfaltverhardingen wordt in OIA [1] de ontwerpperiode genoemd. Dit is in feite een betere benaming omdat het gaat om de periode waarna de verharding moet worden versterkt. In vraagspecificaties van Rijkswaterstaat wordt doorgaans echter de term ontwerplevensduur gehanteerd die meer gebruikelijk is en ook wordt gehanteerd in ontwerpinstrumenten voor andere verhardingstypen en andere componenten.

2.3 Structurele schade

Structurele schade wordt gedefinieerd als scheurvorming in of desintegratie van asfaltbeton-onderlagen. Deze schade kan onder meer het gevolg zijn van vermoeiing van de asfaltlagen onder verkeer, reflectiescheurvorming vanuit scheuren in onderliggende gebonden funderingen, scheurvorming door ondergronddeformaties etc.

Voor het ontwerp van asfaltverhardingen worden de volgende criteria aan structurele schade gesteld:

- in de rijsporen mag aan het eind van de ontwerplevensduur enige beginnende vermoeiingsschade in de asfaltonderlagen zijn ontstaan. De toegestane omvang wordt uitgedrukt in het "toelaatbaar schadepercentage", zijnde het percentage van de weglengte waarover door vermoeiing scheurinitiatie in de rijsporen mag zijn opgetreden;
- andere vormen van scheurvorming of desintegratie in de asfaltonderlagen mogen gedurende de ontwerplevensduur in het geheel niet ontstaan.

Het toelaatbaar schadepercentage (dus uitsluitend van toepassing op vermoeiingsschade) wordt door RWS zodanig gekozen dat nog versterkende onderhoudsmaatregelen mogelijk zijn, en kan dus worden beschouwd als een interventie niveau voor de vermoeiingsschade in plaats van een reconstructieniveau. De ontwerpperiode of ontwerplevensduur is hiermee in feite de levensduur waarna de verharding moet worden versterkt.

Andere vormen van scheurvorming of desintegratie mogen zoals reeds gesteld helemaal niet voorkomen. Het is met de huidige stand van de techniek ook niet mogelijk om hier voor een gegeven levensduur op te ontwerpen. Om scheurvorming door andere oorzaken dan vermoeiing te voorkomen worden daarom randvoorwaarden gesteld aan de toe te passen materialen en technieken.

2.4 Overige begrippen

Voor overige begrippen wordt verwezen naar hoofdstuk 9.

3 Bepalen ontwerpbelasting

De ontwerpbelasting voor asfaltverhardingen wordt in het CROW - ontwerpprogramma OIA [1] beschreven middels

- het te verwachten totale aantal vrachtwagenassen gedurende de ontwerpperiode;
- een aslastspectrum dat de procentuele verdeling beschrijft van de te verwachten vrachtwagenassen over een aantal aslastklassen;
- een bandspectrum dat de procentuele indeling beschrijft van de vrachtwagenbanden binnen een aslastklasse naar vier onderscheiden bandtypen (enkellucht, dubbellucht, breedband, super breedband). In OIA wordt voor elke aslastklasse uitgegaan van hetzelfde bandspectrum.

De in de berekening aangehouden verkeersgegevens staan op de uitdraai van OIA onder Verkeer en kunnen worden vergeleken met de gegevens uit de vraagspecificatie.

3.1 Verwacht aantal vrachtwagenassen gedurende de ontwerpperiode

Het te verwachten totale aantal vrachtwagenassen wordt berekend uit:

$$n_{\text{totaal}} = V \cdot a_{\text{vw}} \cdot W \cdot F_r \cdot G \cdot t \cdot F_v \quad (3.1)$$

waarin:

n_{totaal}	=	<i>totaal aantal vrachtwagenassen met aslast groter dan 20 kN gedurende de ontwerpperiode;</i>
V	=	<i>aantal vrachtwagens per werkdag per rijrichting (-)</i>
a_{vw}	=	<i>gemiddeld aantal assen met belasting groter dan 20 kN per vrachtwagen</i>
W	=	<i>aantal werkdagen per jaar (-)</i>
F_r	=	<i>correctiefactor voor het aantal rijstroken per rijrichting (-)</i>
G	=	<i>groeifactor vrachtverkeer (-)</i>
t	=	<i>ontwerpperiode of ontwerplevensduur (jaren)</i>
F_v	=	<i>correctiefactor snelheid vrachtverkeer (-)</i>

3.1.1 Aantal vrachtwagens per werkdag per rijrichting

Het aantal vrachtwagens per werkdag per rijrichting V wordt meegegeven in de vraagspecificatie.

3.1.2 Gemiddeld aantal assen per vrachtwagen

Voor het gemiddeld aantal assen a_{vw} per vrachtwagens dient waar beschikbaar de in de vraagspecificatie aangegeven waarde te worden aangehouden; indien geen waarde is aangegeven dient ten minste 4,0 te worden aangehouden.

3.1.3 Aantal werkdagen per jaar

Voor het aantal werkdagen per jaar W dient waar beschikbaar de in de vraagspecificatie aangegeven waarde te worden aangehouden; indien geen waarde is aangegeven dient ten minste 270 te worden aangehouden.

3.1.4 Correctiefactor voor het aantal rijstroken per rijrichting

Aangezien wordt uitgegaan van de vrachtwagenintensiteiten per rijrichting maar de zwaarst belaste rijstrook maatgevend is voor het ontwerp, dient op deze vrachtwagenintensiteiten een correctiefactor te worden toegepast als het vrachtverkeer zich over meerdere rijstroken kan verdelen.

In tabel 3.1 zijn de correctiefactoren F_r weergegeven die daarvoor moeten worden aangehouden, tenzij in de vraagspecificatie andere waarden zijn genoemd. In het geval van een permanent inhaalverbod voor vrachtwagens geldt voor F_r de waarde 1,00.

Tabel 3.1 Correctiefactor voor het aantal rijstroken

Aantal rijstroken	F_r
Enkelbaansweg Doelgroepstrook	1,00
Twee rijstroken	0,95
Drie rijstroken of meer	0,90

3.1.5 Groeifactor voor de verkeersbelasting

De groeifactor voor de verkeersbelasting G gedurende de ontwerpperiode t wordt berekend volgens:

$$G = \frac{\left(1 + \frac{g}{100}\right)^t - 1}{\frac{g}{100} \cdot t} \text{ voor } g \neq 0, \text{ of } G = 1 \text{ voor } g = 0 \quad (3.2)$$

waarin

- G = groeifactor verkeer (deze is anders gedefinieerd dan in voorgaande versies van deze Specificaties) (-)
- g = jaarlijkse groei van het zware verkeer zoals aangegeven in de vraagspecificatie; indien hier geen waarde is aangegeven dient ten minste 3,5% te worden aangehouden (%/jaar)
- t = ontwerpperiode; deze wordt gelijk gesteld aan de in de vraagspecificatie vereiste ontwerplevensduur voor de verharding of bovenbouw (jaren)

3.1.6 Ontwerpperiode

Voor de ontwerplevensduur of ontwerpperiode t (zie par. 2.2) dient waar beschikbaar de in de vraagspecificatie aangegeven waarde te worden aangehouden; indien geen waarde is aangegeven dient ten minste 20 jaar te worden aangehouden.

3.2 Karakteristiek aantal vrachtwagenassen gedurende de ontwerpperiode

In het ontwerpprogramma OIA [1] wordt zoals vermeld in de Inleiding, niet meer gewerkt met verwachte waarden voor de ontwerpparameters maar met karakteristieke ("veilige") waarden. De verkeersbelasting wordt, zoals beschreven in dit hoofdstuk, bepaald door meerdere parameters (vrachtwagenintensiteit, groei, gemiddeld aantal assen, verdeling over rijstroken, aslastspectrum, bandspectrum) die allemaal een bepaalde mate van onzekerheid hebben, afhankelijk van de wijze waarop ze zijn bepaald. Zeker als de parameters overwegend geschat worden, kan de onzekerheid van de verkeersbelasting hoog zijn. Het is echter omslachtig om per parameter de bijbehorende onzekerheid in rekening te brengen. In het geval van aslast- en bandspectra (zie par. 3.3 en 3.4) is deze onzekerheid bovendien lastig getalsmatig te beschrijven omdat dit geen enkelvoudige parameters zijn.

Om reden van eenvoud wordt de onzekerheid in de verkeersgegevens verdisconteerd in een enkelvoudige onzekerheidsfactor F_{herkomst} waarmee het totale aantal vrachtwagenassen over de ontwerpperiode wordt vermenigvuldigd¹.

In tabel 3.2 is deze factor informatief gegeven afhankelijk van de herkomst van de gegevens. De aan te houden factor is echter de standaardkeuze RWS voor primaire wegen (factor 1,75) tenzij anders vermeld in de vraagspecificatie.

Tabel 3.2 Onzekerheidsfactor verkeer F_{herkomst}

Herkomst gegevens	Onzekerheidsfactor
Schatting	2,0
Telling op nabij wegvak	1,8
Standaardkeuze RWS primaire wegen	1,75
Telling met classificatie op nabij wegvak	1,7
Telling op wegvak	1,6
Telling met classificatie op wegvak	1,5
Aslastmeting op nabij wegvak	1,4
Aslastmeting op wegvak	1,2

Het karakteristieke aantal vrachtwagenassen wordt dus berekend uit:

$$n_{\text{kar,totaal}} = n_{\text{totaal}} \cdot F_{\text{herkomst}} \quad (3.3)$$

waarin:

- n_{totaal} = te verwachten totaal aantal vrachtwagenassen zwaarder van 20 kN conform formule (4.1)
- F_{herkomst} = onzekerheidsfactor verkeersgegevens

¹ Deze factoren zijn overigens wel gebaseerd op een variantie-analyse uitgaande van gebruikelijke onzekerheden in de afzonderlijke verkeersparameters.

3.3 Aslastspectrum

De procentuele verdeling van de te verwachten vrachtwagenassen over een aantal aslastklassen wordt in OIA [1] beschreven aan de hand van een aslastspectrum. Tandem- en tridemassen worden verdisconteerd als 2 resp. 3 afzonderlijke assen.

In OIA is een aantal standaard aslastspectra aanwezig. Deze zijn door de gebruiker niet te wijzigen. De gebruiker kan wel zelf aslastspectra toevoegen. Tabel 3.3 geeft als voorbeeld het standaardspectrum van OIA voor zwaar verkeer.

In de aslastspectra van OIA kan ook een waarde voor een extreme aslast worden opgegeven in het veld 'Maximale aslast' (in de standaard aslastspectra is deze ook vast ingevuld). De kans op optreden van een dergelijke extreme aslast is moeilijk te bepalen maar zal toenemen met de duur van de ontwerperperiode.

Tabel 3.3 Voorbeeld aslastspectrum OIA [1]

Bereik	Rekenwaarde	%
20-40	30	20,18
40-60	50	30,56
60-80	70	26,06
80-100	90	12,54
100-120	110	6,51
120-140	130	2,71
140-160	150	1,00
160-180	170	0,31
180-220	190	0,12
200-220	210	0,03

Deze extreme aslast is van belang om het risico op eenmalige overbelasting te kunnen bepalen. Dit risico speelt vooral bij cementgebonden materialen. Bij Rijkswaterstaat worden van de cementgebonden funderingen echter alleen asfaltgranulaatcement en asfaltgranulaatemulsiecement, beide met asfaltgranulaat type A1 (zie par. 4.1), geschikt geacht voor toepassing. Deze dienen rekentechnisch te worden behandeld als lichtgebonden funderingen. Hiertoe dienen ze in OIA te worden ingevoerd als "zelfbindende ongebonden fundering" en worden ze slechts getoetst op een toelaatbare buigtrekspanning van 128 KPa bij een aslast van 100 kN. Bij de verkeersbelastingen zoals die op Rijkswegen voorkomen worden onder de ontwerprandvoorwaarden van Rijkswaterstaat echter niet zodanig dunne asfaltconstructies ontworpen dat genoemde extreme aslast een risico vormt. In de bouwphase kan de fundering wel kwetsbaar zijn voor overbelasting.

Tabel 3.4 Enkele door RWS gehanteerde aslastspectra

Aslast- klasse (kN)	Aslastspectrum		
	Licht	Middelzwaar	Zwaar
	Aandeel aslastklasse in spectrum (%)	Aandeel aslastklasse in spectrum (%)	Aandeel aslastklasse in spectrum (%)
20 - 40	27,0	23,3	15,6
40 - 60	32,5	30,7	27,1
60 - 80	19,5	21,1	28,1
80 - 100	11,9	12,6	14,6
100 - 120	6,60	8,16	8,75
120 - 140	1,95	3,19	4,60
140 - 160	0,45	0,79	1,04
160 - 180	0,08	0,11	0,13
180 - 200	0,02	0,05	0,08
200 - 220	0	0	0

Tabel 4.4 geeft een aantal standaard aslastspectra die in gebruik zijn bij Rijkswaterstaat. Deze spectra zijn aangepast ten opzichte van de vorige versie van deze Specificaties omdat de onderscheiden aslastklassen gewijzigd zijn. Voor het ontwerp dient waar beschikbaar het in de vraagspecificatie aangegeven aslastspectrum te worden aangehouden; indien geen spectrum is aangegeven dient het zware spectrum uit tabel 3.4 te worden aangehouden.

3.4 Bandspectrum

OIA [1] werkt met een banden-spectrum, zijnde de procentuele verdeling van de vrachtwagen-banden over vier onderscheiden bandtypen (enkellucht, dubbellucht, breedband, super breedband). Hierbij wordt voor alle aslastklassen dezelfde verdeling gehanteerd.

Tabel 3.5 geeft als voorbeeld het standaardspectrum uit OIA. Het aan te houden bandspectrum is gelijk aan dit standaardspectrum tenzij in de vraagspecificatie een ander spectrum is aangegeven.

Tabel 3.5 Bandenspectrum

Band	%
EL	33.00
DL	38.00
BB	23.00
SB	0.00

3.5 Categorie vrachtauto-intensiteit

Conform de Standaard RAW Bepalingen 2015 [2] wordt gerekend met de volgende categorieën voor de vrachtauto-intensiteit (VA):

- A: 50 of minder vrachtauto's per etmaal per rijrichting
- B: 51 t/m 2500 vrachtauto's per etmaal per rijrichting
- C: meer dan 2500 vrachtauto's per etmaal per rijrichting
- IB: intensief belaste verhardingen (opstelstroken, kruispunten en dergelijke) met langzaam rijdend (< 15 km/u) en stilstaand zwaar verkeer en meer dan 250 vrachtauto's per etmaal per rijrichting.

Deze indeling wijkt af van de in de Standaard RAW Bepalingen 2005 [3] gehanteerde verkeersklassen welke waren gebaseerd op het aantal standaard aslasten per werkdag per rijrichting.

De categorie voor de vrachtauto-intensiteit is in alle gevallen van belang voor de keuze van geschikte asfaltmengsels met betrekking tot vochtbestendigheid en spoorvormingsweerstand; deze eigenschappen kunnen niet in de dimensionering worden verdisconteerd.

Verder is de categorie voor de vrachtauto-intensiteit van belang voor toepassing van materialen met de geschikte stijfheids- en vermoeiingseigenschappen in het geval van voorgeschreven maatregelen (engineering & construct).

3.6 Snelheid vrachtverkeer

In OIA [1] dient een snelheid voor het vrachtverkeer te worden ingevoerd. Voor het ontwerp dient/dienen waar beschikbaar de in de vraagspecificatie aangegeven snelheid/snelheden te worden aangehouden; indien geen snelheid/snelheden is/zijn aangegeven dient 80 km/h te worden aangehouden.

Indien de vraagspecificatie een procentuele verdeling van het vrachtverkeer over de snelheidsklassen volgens tabel 3.6 aangeeft (normaliter alleen indien significante congestie kan worden verwacht waardoor de snelheid van het vrachtverkeer sterk kan variëren) dienen de aangegeven percentages vrachtverkeer per snelheidsklasse te worden vermenigvuldigd met de bijbehorende correctiefactor. Door het geheel te sommeren volgt (na deling door 100%) de in formule 3.1 te gebruiken correctiefactor F_v . Hiermee wordt de intensiteit van het vrachtverkeer gecorrigeerd voor de (van de aan te houden ontwerpsnelheid van 80 km/u) afwijkende snelheden.

Tabel 3.6 Correctiefactor voor de snelheid van het vrachtverkeer

Snelheid	F_v
20 km/h	1,76
40 km/h	1,33
60 km/h	1,12
80 km/h	1,00

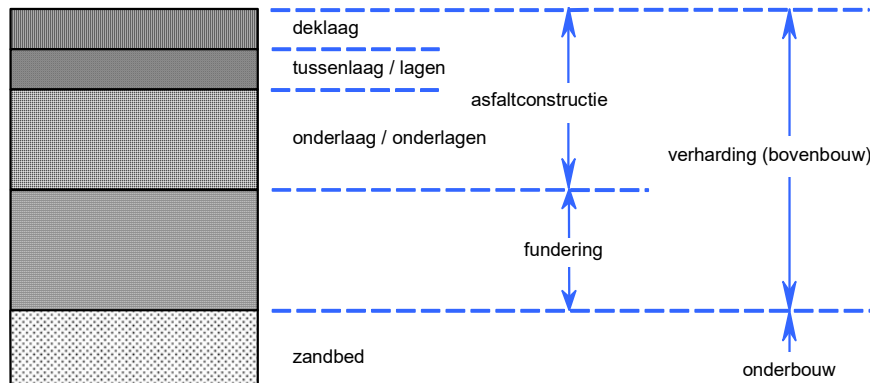
3.7 Afwijkingen tussen voorspelde en werkelijke verkeersbelasting

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat de verkeersbelasting wordt beschreven door een groot aantal parameters. Deze kennen allemaal een bepaalde onzekerheid. Het is omslachtig om al deze onzekerheden afzonderlijk te verdisconteren. Daarom worden deze onzekerheden doorvertaald naar een enkele onzekerheidsfactor die op de verkeersintensiteit wordt toegepast (zie par. 3.7).

Omdat RWS op deze wijze in de vraagspecificatie van haar contracten vastlegt dat veiligheid in het ontwerp moet worden ingebouwd tegen overschrijding van de verwachte verkeersbelastingen, draagt RWS het risico voor afwijkingen binnen de aangegeven onzekerheidsfactor over aan de opdrachtnemer. Slechts voor zover de verkeersbelasting meer afwijkt van de voorspellingen dan is afgedekt door genoemde onzekerheidsfactor, kan opdrachtnemer zich daarop beroepen. Afwijkingen in het aslast- of bandenspectrum (zie par. 3.3 en 3.4 ten opzichte van de in het contract genoemde spectra en afwijkingen in voertuigsnelheid/snelheden ten opzichte van de in het contract genoemde snelheid/snelheden kunnen daartoe eenvoudig worden vertaald naar een equivalente afwijking in de vrachtwagenintensiteit. Dit geschiedt door de voorgeschreven spectra en snelheid/snelheden in de berekeningen te voeren en de vrachtwagenintensiteit zodanig te bepalen dat dezelfde ontwerpdikte wordt berekend als met de afwijkende verkeersgegevens. De zo verkregen equivalente vrachtwagenintensiteit kan vervolgens worden vergeleken met de in het contract genoemde vrachtwagenintensiteit vermenigvuldigd met de onzekerheidsfactor.

4 Ontwerp verharding

Een asfaltverharding bestaat normaliter uit meerdere lagen asfalt op een funderingslaag (zie figuur 4.1). Incidenteel wordt geen funderingslaag toegepast of wordt (voor zeer licht belaste verhardingen) slechts een laag asfalt toegepast met daarop een oppervlaktebehandeling of een conserveerlaag. De verharding wordt gedragen door de onderbouw² van de weg (zie par. 5.1.2).



Figuur 4.1

Opbouw van een wegconstructie met funderingslaag

4.1 Fundering

4.1.1 Funderingsmaterialen

Funderingsmaterialen worden onderverdeeld in ongebonden, lichtgebonden en gebonden funderingen. De in tabel 4.1 genoemde lichtgebonden funderingsmaterialen moeten in OIA [1] worden ingevoerd als "zelfbindende ongebonden fundering" met een toelaatbare buigtrekspanning van 128 KPa. Voor deze funderingen moet er rekening mee worden gehouden dat de binding meestal pas na enige tijd wordt bereikt; direct na aanleg is de stijfheid vaak nauwelijks hoger dan die van de ongebonden materialen. Tevens zijn lichtgebonden materialen gevoelig voor overbelasting; deze kan vooral optreden in de bouwphase (werkverkeer of openstelling voor wegverkeer van een niet - afgebouwde verharding) en kan leiden tot blijvende schade aan en/of het niet op sterkte komen van de fundering.

Voor funderingen van asfaltgranulaatcement geldt dat ze gevoelig zijn voor plaatwerking en scheurvorming. Om deze redenen mogen ze in geen geval worden toegepast op een zeer slappe ondergrond (hieronder wordt verstaan een ondergrond met een berekende eindzetting van meer dan 1 m onder een referentie ophoging met een gewicht van 16 kN/m²).

Tabel 4.1 Standaard funderingsmaterialen

soort fundering	materialen	minimale asfaltbeton dekking	Vracht-auto-intensiteit
Ongebonden materialen	Steenmengsel van natuurlijke oorsprong	120 mm	Alle
	Gereinigd AEC granulaat	120 mm	Alle
	Metselwerk-granulaat	120 mm	Alle
Licht-gebonden materialen ¹	Menggranulaat	120 mm	Alle
	Hydraulisch menggranulaat	120 mm	Alle
	Betongranulaat	120 mm	Alle
	Fosforslakken-mengsel	120 mm	Alle
Cement-gebonden materialen	Asfaltgranulaat-cement type A1	120 mm	A
		140 mm	B, C, IB
	Asfaltgranulaat-emulsiement	120 mm	A
		140 mm	B, C, IB

¹ in CROW ontwerpprogramma OIA [1] aangeduid als "ongebonden zelfbindende funderingen"

²) hier gedefinieerd als "het geheel van aardebaan inclusief verbeterde ondergrond en alle toegevoegde voorzieningen, voorzover deze dienen om binnen de gestelde eisen en randvoorwaarden te voorzien in een oplegvlak voor de verharding"

Voor een lagere belastingtoename is het verstandig om alsnog middels grondonderzoek (sonderingen, boringen, etc.) en daarop gebaseerde berekeningen een risico-inschatting te maken voor de ondergronddeformaties. Hierbij is naast de hoedanigheid van de ondergrond met name ook de geometrie van het weglichaam (breedte en dikte van de aan te brengen aardebaan, steilheid van taluds) van belang vanwege de invloed op de optredende deformaties. Een vast omlijnde rekenmethode met eenduidige toetscriteria is daarvoor echter niet beschikbaar.

Daarnaast moeten deze funderingen altijd worden ontspannen, tenzij ze worden voorzien van een scheurremmende tussenlaag (bijvoorbeeld een SAMI bestaande uit polymeergemodificeerde bitumen in een hoeveelheid van ten minste 3,0 kg/m² of een gelijkwaardige scheurremmende laag).

Een aantal van de in tabel 4.1 genoemde lichtgebonden materialen wordt in een niet-standaard sortering (4/31,5) ook toegepast als draineerlaag in een wegconstructie met een kritische waterhuishouding. Deze materialen dienen dan als ongebonden steenachtig materiaal te worden beschouwd omdat de bindende componenten voornamelijk in de fijne fractie voorkomen. Er wordt dan de lagere stijfheidsmodulus van metselwerkgranulaat aan toegekend (zie par. 5.1.3).

4.1.2 Laagdikten standaard funderingsmaterialen

Voor de in tabel 4.1 genoemde funderingen worden de volgende ontwerplaagdikten constructief geschikt geacht:

- de ontwerplaagdikte is te allen tijde ten minste 200 mm;
- bij toepassing van een fundering van asfaltgranulaatcement, asfaltgranulaatemulsiecement of fosforslakken is de ontwerplaagdikte niet groter dan 250 mm;
- genoemde ontwerplaagdikten vertegenwoordigen de karakteristieke laagdikte (85% betrouwbare ondergrenswaarde voor de gemiddelde laagdikte) in het werk.

4.1.3 Asfaltdekking

Bij toepassing van een fundering moet een voldoende laagdikte aan asfaltbeton (asfaltdekking) aanwezig zijn om de kans op scheurdoorslag vanuit de fundering te beperken. In tabel 4.1 is voor verschillende funderingsmaterialen aangegeven welke minimum laagdikten hiertoe geschikt worden geacht. In gevallen waarin conform hoofdstuk 5 de asfaltconstructie rekentechnisch dunner uitvalt prevaleren dus de minimumdikten uit deze tabel. Voor asfaltgranulaatcement en asfaltgranulaat-emulsiecement is de benodigde asfaltdekking zoals te zien afhankelijk van de vrachtauto-intensiteit.

Deklagen die niet bestaan uit asfaltbeton of SMA worden niet geacht een significante bijdrage tegen scheurdoorgroei te leveren en worden daarom niet meegerekend in de in tabel 4.1 vermelde asfaltdekking.

4.2 Asfaltconstructie

4.2.1 Opbouw asfaltconstructie

De asfaltconstructie bestaat uit een aantal lagen waaraan verschillende functies worden toegekend. Onderscheid wordt gemaakt in deklagen, tussenlagen en onderlagen (zie figuur 4.1). In het navolgende wordt de laagopbouw besproken voor een ongefaseerd ontwerp en een gefaseerd ontwerp (dat wil zeggen een ontwerp waarbij de verharding pas na meer dan een half jaar na openstelling zal worden afgebouwd) en worden alternatieven voor de laagopbouw aangegeven.

4.2.1.1 Ongefaseerd ontwerp

Een ongefaseerd ontwerp bestaat normaliter uit (gezien van onderen naar boven):

- een of meer onderlagen
- een tussenlaag en
- een deklaag, aangebracht uiterlijk een half jaar na openstelling voor verkeer.

Daarbij geldt dat een tussenlaag die 's winters aan verkeer wordt onderworpen de kwaliteit moet hebben van een tijdelijke deklaag (zie par. 4.2.2.2).

4.2.1.2 Gefaseerd ontwerp

Bij een gefaseerd ontwerp wordt de definitieve deklaag pas aangebracht wanneer de verharding reeds meer dan een half jaar onder verkeer heeft gelegen. Hierbij

- kan, indien het aanbrengen van de definitieve deklaag maximaal 2 jaar na openstelling plaatsvindt, het verkeer in de eerste fase worden toegelaten op een tussenlaag. Ook hier geldt dat een tussenlaag die 's winters aan verkeer wordt onderworpen de kwaliteit moet hebben van een tijdelijke deklaag (zie par. 4.2.2.2). Na afbouw met de deklaag is de laagopbouw dan gelijk aan die van een ongefaseerd ontwerp.
- moet, indien de verharding later wordt afgebouwd dan 2 jaar na openstelling, ook in de eerste fase een volwaardige deklaag worden aangebracht. De uiteindelijke laagopbouw is dan mede afhankelijk van de vraag of de deklaag uit de eerste fase bij afbouw wordt gehandhaafd (een deklaag van asfaltbeton met eigenschappen geschikt voor er eindsituatie wordt normaliter gehandhaafd; andere typen deklagen worden normaliter verwijderd).

Bij een gefaseerd ontwerp kan de uiteindelijke laagopbouw dus als volgt zijn (gezien van onderen naar boven):

- een of meerdere onderlagen
- een tussenlaag uit de eerste fase
- eventueel een dichte deklaag uit de eerste fase indien gehandhaafd, en/of
- eventueel een extra tussenlaag (profileerlaag), aangebracht in de tweede fase
- de definitieve deklaag van de tweede fase

4.2.1.3 Alternatieven voor de laagopbouw

Bij zeer lage vrachtauto-intensiteiten wordt de asfaltconstructie ook wel in zijn geheel uit één onderlaagmateriaal (AC base, zie par. 4.2.2.1) opgebouwd. Om de gewenste oppervlakeigenschappen en weerstand tegen klimaatinvloeden te verkrijgen moet dan wel een oppervlakbehandeling of een conserveerlaag worden toegepast.

4.2.2 Functies en vereiste eigenschappen van de asfaltlagen

4.2.2.1 Onderlagen

In onderlagen van asfaltverhardingen wordt uitsluitend asfaltbeton toegepast. De onderlagen fungeren als trekzone in de asfaltconstructie bij het spreiden van de belasting naar de onderliggende lagen. Om deze functie te kunnen vervullen moeten deze onderlagen onder verkeersbelasting duurzaam stijf en scheurvrij blijven. Dit stelt onder meer eisen aan het vermogen van het materiaal om langdurig spanningswisselingen op te (vermoeiingsweerstand). Wel moeten de onderlagen mee kunnen vervormen met enige ongelijkmatige zetting in de tijd, echter zonder gevoelig te zijn voor blijvende vervorming onder verkeersbelasting (spoorvorming). Daarnaast moeten onderlagen bestand zijn tegen vocht dat zich op diverse manieren een weg kan zoeken in de verharding. Tijdens de uitvoering moeten de onderlagen ook kunnen fungeren als werkvloer voor het aanbrengen van de overige asfaltlagen.

Doorgaans heeft de opdrachtnemer in Rijkswaterstaatswerken ruimte (ontwerpvrijheid) om de specifieke vermoeiings- en stijfheidseigenschappen van het toe te passen mengsel in het ontwerp te gebruiken en de dimensionering van de verharding daarop aan te passen (zie hoofdstuk 5). Wanneer in Rijkswaterstaatswerken echter maatregelen worden voorgeschreven gelden voor asfaltbeton in onderlagen de functionele eisen zoals gesteld in de Standaard RAW Bepalingen 2020 [2]

4.2.2.2 Tussenlagen

In tussenlagen van asfaltverhardingen wordt uitsluitend asfaltbeton toegepast. De tussenlaag moet vooral bestand zijn tegen blijvende vervorming en dient een goede overdracht van schuifspanningen van de deklaag naar de onderlaag te realiseren. Een tussenlaag onder zeer open asfalt dient ook duurzaam bestand te zijn tegen vochtinwerking. Een tussenlaag die wordt gebruikt als tijdelijke deklaag moet daarnaast gedurende langere tijd bestand zijn tegen directe verkeersbelasting en weersinvloeden en moet voldoen aan functionele eisen betreffende stroefheid (textuur) en remvertraging.

Doorgaans heeft de opdrachtnemer in Rijkswaterstaatswerken ruimte (ontwerpvrijheid) om de specifieke vermoeiings- en stijfheidseigenschappen van het toe te passen mengsel in het ontwerp te gebruiken en de dimensionering van de verharding daarop aan te passen (zie hoofdstuk 5).

Wanneer in Rijkswaterstaatswerken echter maatregelen worden voorgeschreven gelden voor asfaltbeton in tussenlagen de functionele eisen zoals gesteld in de Standaard RAW Bepalingen 2020 [2]

4.2.2.3 Deklagen

De deklaag fungeert als het door het verkeer te berijden oppervlak en moet daarom duurzaam beantwoorden aan functionele eisen met betrekking tot stroefheid (textuur), remvertraging, vlakheid, lichtreflectie, geluidreductie, rolweerstand, wintergedrag en waterberging/waterafvoer (uitsluitend voor open deklagen). Vertaald naar technische eisen betekent dit onder meer dat de deklaag duurzaam bestand moet zijn tegen blijvende vervormingen (spoorvorming, ribbelforming), trekspanningen (scheurvorming vanaf de bovenkant), polijsting, atmosferische invloeden en de inwerking van chemicaliën, sneeuwschuivers etc.

In deklagen van asfaltverhardingen kunnen meerdere soorten asfalt worden toegepast. De Standaard RAW - Bepalingen 2020[2] onderscheiden asfaltbeton, steenmastiekasfalt en zeer open asfalt. Daarnaast onderscheidt Rijkswaterstaat duurzaam zeer open asfalt, dat het standaard open deklaagmengsel is voor rijbaanbrede toepassing, en zeer open asfalt voor tweelaags zeer open deklagen die bedoeld zijn voor situaties waar extra geluidsreductie benodigd is. De Standaard RAW - Bepalingen 2020 [2] onderscheiden ook emulsieasfaltbeton, dat bij Rijkswaterstaat echter alleen wordt toegepast als onderhoudsmaatregel of incidenteel (op zeer dunne verhardingen waarbij toepassing van een deklaag van AC surf bezwaarlijk is) als conserveerlaag; het wordt voor het ontwerp niet als deklaag beschouwd en er wordt geen constructieve waarde aan toegekend. Hetzelfde geldt voor oppervlaktebehandelingen.

Verder bestaat er een aantal speciale deklagen zoals dunne asfaltdeklagen (geschikt voor toepassing op niet - autosnelwegen met maximumsnelheid van 80 km/u), combinatiedeklagen en kunststof slijtlagen.

Doorgaans heeft de opdrachtnemer in Rijkswaterstaatswerken voor deklagen van asfaltbeton (dus dichte deklagen) ruimte (ontwerpvrijheid) om de specifieke vermoeiings- en stijfheidseigenschappen van het toe te passen mengsel in het ontwerp te gebruiken en de dimensionering van de verharding daarop aan te passen (zie hoofdstuk 5). Wanneer in Rijkswaterstaatswerken echter maatregelen worden voorgeschreven gelden voor asfaltbeton in deklagen de functionele eisen zoals gesteld in de Standaard RAW Bepalingen 2020 [2]

5 Dimensionering verharding

Voor de dimensionering van de asfaltverharding is het Ontwerp Instrumentarium Asfaltverhardingen (OIA) van CROW de voorgeschreven verificatiemethode. De werking en achtergrond van dit programma is in het bijbehorende achtergrondrapport [1] beschreven. Hier wordt volstaan met weergeven van enkele hoofdlijnen.

Daarbij zij opgemerkt dat de in de ontwerpmethode toegepaste schematisaties en rekenwijzen vanzelfsprekend een benadering zijn van de werkelijkheid. Zo lang er materialen en technieken worden toegepast die volgens het kader Verificatie Geschiktheid Wegenbouwmaterialen – en technieken (VGW) [7] geschikt zijn, wordt deze schematisering als voldoende representatief beschouwd. Indien van materialen en technieken de geschiktheid nog moet worden vastgesteld kan het nodig zijn om daarvoor tevens aangepaste rekenmethoden vast te stellen.

5.1 Schematisering constructie

5.1.1 Schematisering tot lineair elastisch meerlagensysteem

De constructie wordt geschematiseerd als een lineair elastisch meerlagensysteem met de volgende uitgangspunten:

- de lagen strekken zich in horizontale richting oneindig uit
- per laag zijn de stijfheidsmodulus (Young's modulus) en dwarscontractiecoëfficiënt (Poisson-verhouding) constant
- de ondergrond strekt zich ook in verticale richting oneindig uit (een zogenaamd oneindige halfruimte)
- de lagen zijn volledig aan elkaar gehecht.

5.1.2 Ondergrond

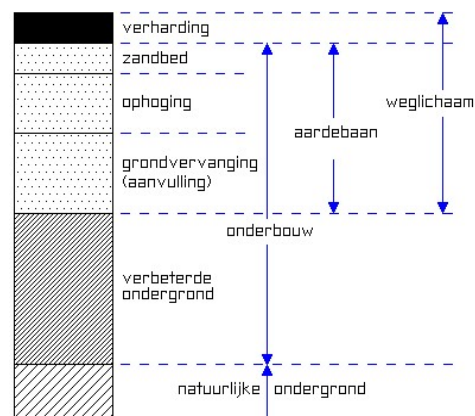
De ondergrond van een verharding bestaat (zie figuur 5.1) uit de natuurlijke ondergrond en de onderbouw. De onderbouw kan weer bestaan uit een verbeterde ondergrond, een aanvulling, een ophoging en een zandbed. Dit gehele systeem wordt voor het ontwerp geschematiseerd tot een lineair elastische halfruimte met equivalente stijfheidsmodulus.

5.1.2.1 Karakteristieke stijfheidsmodulus

Tabel 5.1 geeft een aantal indicatieve waarden voor de equivalente stijfheidsmodulus, welke er van uit gaan dat er op de natuurlijke ondergrond een zandpakket van tenminste 1 m dikte aanwezig is.

Naarmate zich op een natuurlijke ondergrond van klei of veen een dikkere zandophoging of -aanvulling bevindt zal de equivalente stijfheid van de ondergrond dichter naderen naar de stijfheidsmodulus van een zandondergrond.

Genoemde waarden zijn conservatieve waarden die voor gebruik in het ontwerp worden beschouwd als karakteristieke waarden (85% betrouwbare ondergrenswaarde voor de gemiddelde equivalente ondergrondstijfheid).



Figuur 5.1 Verharding en onderliggende halfruimte

Tabel 5.1 Karakteristieke stijfheidsmodulus ondergrond (indicatieve waarden)

natuurlijke ondergrond	E-modulus*
slappe klei	30 MPa
vaste klei	50 MPa
zand	100 MPa
goed gecgradeerd zand	120 MPa
lemig fijn zand	150 MPa

*uitgaande van ten minste 1 m zandbed

De achtergrondrapportage van OIA [1] geeft richtlijnen voor het schatten van de stijfheid van de natuurlijke ondergrond op basis van de bij sonderingen gemeten conusweerstand of op basis van classificatie-eigenschappen.

Opgemerkt wordt dat in de OIA [1] programmatuur de optie bestaat om het zandbed als onderfundering in te voeren (in het achtergrondrapport van OIA [1] gelijkgesteld aan zandbed). Indien hiervoor wordt gekozen wordt erop gewezen dat bij eventuele toetsing van de gerealiseerde constructie conform [4] wordt gewerkt met een drielagensysteem waarin een onderfundering wordt verdisconteerd in een (qua deflectieprofiel) equivalente ondergrondstijfheid. Het is aan de ontwerper om na te gaan of daardoor afwijkingen kunnen ontstaan.

5.1.2.2 Karakteristieke vervormingsrelatie

De weerstand van de ondergrond tegen permanente vervorming wordt beschreven door een karakteristieke vervormingsrelatie (zie figuur 5.2). Deze relatie heeft in feite de aard van een vermoeiingswet: hij beschrijft niet het verband tussen lastherhalingen en vervormingen maar geeft alleen het aantal malen dat de ondergrond kan worden belast tot falen (zijnde een onacceptabele onvlakheid door ondergronddeformaties) optreedt.

De relatie luidt:

$$\log(N_{\text{ond, kar}}) = C_1 + C_2 \cdot \log(\varepsilon_{\text{ond}}) \quad (5.1)$$

waarin

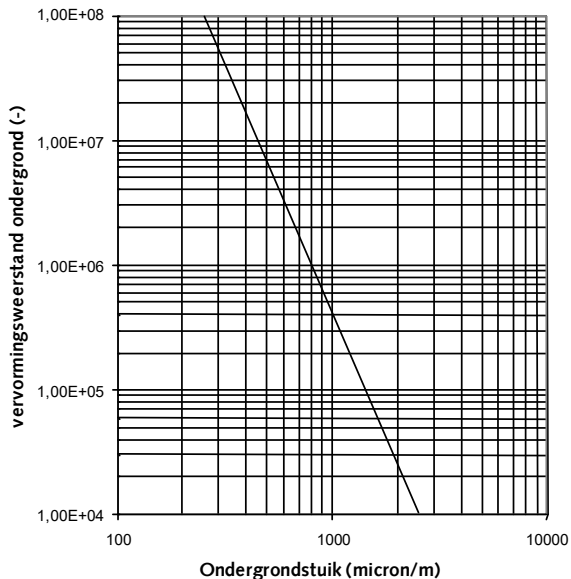
ε_{ond} = stuik in ondergrond onder de beschouwde belasting ($\mu\text{m}/\text{m}$)

$N_{\text{ond, kar}}$ = toelaatbaar aantal stuikherhalingen (85% betrouwbare waarde) (-)

C_1 = 17,289

C_2 = -4,00

Dit toelaatbaar aantal stuikherhalingen wordt in het vervolg aangeduid als "vervormingsweerstand ondergrond". Hierbij moet dus bovenbeschreven betekenis van de relatie in gedachten worden gehouden.



Figuur 5.2 Vervormingsrelatie ondergrond

5.1.2.3 Dwarscontractiecoëfficiënt

Voor de dwarscontractiecoëfficiënt (ook wel Poissonverhouding) van de ondergrond dient een vaste waarde van 0,35 te worden aangehouden.

5.1.3 Fundering

5.1.3.1 Karakteristieke stijfheidsmodulus

Voor de standaard funderingsmaterialen uit par. 4.1.1 dienen in het ontwerp ten hoogste de in tabel 5.2 genoemde stijfheidsmoduli te worden aangehouden.

Genoemde waarden zijn conservatieve waarden die voor gebruik in het ontwerp worden beschouwd als karakteristieke waarden (85% betrouwbare ondergrenswaarden voor de gemiddelde stijfheid in de constructie).

De in tabel 5.2 gegeven karakteristieke waarden zijn bij een zorgvuldige materiaalkeuze en uitvoering goed haalbaar maar kunnen bij afwijkingen alsnog onderschreden worden. Daarom moet na aanleg van de verharding veelal alsnog aangetoond worden dat de gerealiseerde stijfheidswaarde van een fundering tenminste gelijk is aan de in het ontwerp gehanteerde karakteristieke stijfheidswaarde [4].

De in tabel 5.2 weergegeven stijfheidsmoduli mogen worden toegepast voor laagdikten tot 300 mm (indien toegestaan op grond van het gestelde in par. 4.1.2); bij laagdikten groter dan 300 mm mag alleen voor de bovenste 300 mm worden gerekend met de in tabel 5.2 genoemde stijfheidsmoduli en dient voor de overige laagdikte een stijfheidsmodulus van ten hoogste 150MPa aangehouden te worden.

Tabel 5.2 Standaard funderingsmaterialen

soort fundering	materialen	karakteristieke stijfheidsmodulus
Ongebonden materialen	Steenmengsel van natuurlijke oorsprong	150 MPa
	Gereinigd AEC granulaat	150 MPa
	Metselwerk-granulaat	150 MPa
Lichtgebonden materialen ¹	Menggranulaat	400 MPa
	Hydraulisch menggranulaat	600 MPa
	Betongranulaat	600 MPa
	Fosforslakken-mengsel	1000 MPa
Cementgebonden materialen	Asfaltgranulaat-cement	1200 MPa
	Asfaltgranulaat-emulsiecement	1200 MPa

¹ in CROW ontwerpprogramma OIA [1] aangeduid als "ongebonden zelfbindende funderingen"

Er moet rekening mee worden gehouden dat de hogere stijfheid van lichtgebonden en gebonden funderingen meestal pas na enige tijd wordt bereikt; direct na aanleg is de stijfheid voor met name de lichtgebonden funderingen vaak nauwelijks hoger dan die van de ongebonden materialen.

Met een verbetering van de stijfheid van wegfunderingen door funderingswapening wordt in werken voor Rijkswaterstaat niet gerekend.

5.1.3.2 Dwarscontractiecoëfficiënt

Voor de dwarscontractiecoëfficiënt (ook wel Poissonverhouding) van de fundering dient een vaste waarde van 0,35 te worden aangehouden behalve voor funderingen uit asfaltgranulaatcement of asfaltgranulaatemulsiecement; hiervoor dient een vaste waarde van 0,20 te worden aangehouden.

5.1.3.3 Laagdikte fundering

Voor de laagdikte van de fundering geldt het gestelde in par. 4.1.2.

5.1.4 Asfaltconstructie

De asfaltconstructie wordt in OIA [1] gemodelleerd als een aantal (maximaal 6) afzonderlijke lagen. Deze worden beschreven door de karakteristieke stijfheidsmodulus, de dwarscontractiecoëfficiënt en de karakteristieke vermoeiingsweerstand. Voor lagen van asfaltbeton volgen stijfheidsmodulus en vermoeiingsweerstand uit het type - onderzoek. Deze worden voor gebruik in OIA [1] vertaald naar karakteristieke stijfheids- en vermoeiingseigenschappen (zie par. 5.1.4.1 en par. 5.1.4.3).

Voor ZOAB en SMA worden deze eigenschappen niet uit het type - onderzoek verkregen omdat van deze mengsels onder de Europese normering (afgezien van de watergevoeligheid) alleen de receptuur verklaard wordt. In OIA [1] kan de gebruiker voor de stijfheid van ZOAB en SMA standaard waarden kiezen. Deze zijn mogelijk laag maar houden daarom technisch gezien ook weinig risico in.

5.1.4.1 Karakteristieke stijfheidsmodulus

De karakteristieke stijfheidsmodulus van asfaltbeton is afhankelijk van temperatuur en belastingfrequentie en wordt gegeven door de volgende relatie:

$$\ln(E_{kar}) = C_1 + C_2 \cdot T_{fict} + C_3 \cdot T_{fict}^2 + C_4 \cdot T_{fict}^3 \quad (5.2)$$

waarin

$$\begin{aligned} E_{kar} &= \text{karakteristieke stijfheidsmodulus asfalt (MPa)} \\ T_{fict} &= \text{fictieve asfalttemperatuur} \\ C_2 &= -0,018400 \\ C_3 &= -0,001098 \\ C_4 &= 0 \\ C_1 &= \ln(E_{20^\circ\text{C}, 8\text{Hz}} - \Delta E_{20^\circ\text{C}, 8\text{Hz}}) + 0,80734, \text{ waarin} \\ E_{20^\circ\text{C}, 8\text{Hz}} &= \text{mengselstijfheid bij } 20^\circ\text{C en } 8 \text{ Hz zoals verkregen bij het typeonderzoek conform} \\ &\quad \text{proef 62 van de Standaard RAW Bepalingen 2020 [2] (MPa)} \\ \Delta E_{20^\circ\text{C}, 8\text{Hz}} &= \text{reductie om gemiddelde stijfheid te vertalen naar karakteristieke stijfheidswaarde} \end{aligned}$$

De fictieve temperatuur T_{fict} is afhankelijk van de werkelijke asfalttemperatuur en de belastingfrequentie en wordt berekend uit:

$$\frac{1}{T_{fict} + 273} = \frac{1}{T + 273} - \frac{1}{11242} \log\left(\frac{8\text{Hz}}{f}\right) \quad (5.3)$$

waarin

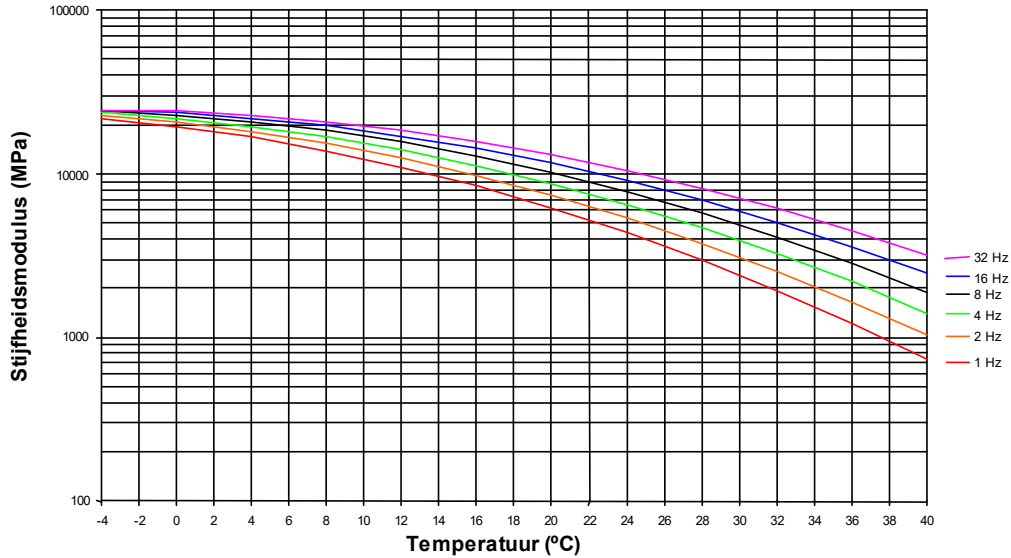
$$\begin{aligned} T &= \text{temperatuur asfalt (}^\circ\text{C)} \\ f &= \text{frequentie belasting (Hz)} \end{aligned}$$

In het ontwerpprogramma OIA [1] wordt uitgegaan van een vaste asfalttemperatuur van 20°C . Indien de belastingfrequentie 8 Hz bedraagt, is de fictieve asfalttemperatuur dus ook 20°C ; bij andere belastingfrequenties krijgt T_{fict} een andere waarde en daarmee ook de asfaltstijfheid (zie fig.6.3). De belastingfrequentie wordt berekend als:

$$\log(f) = -0,6 - 0,5 \cdot h_{asf} + 0,94 \cdot \log(v) \quad (5.4)$$

waarin

$$\begin{aligned} f &= \text{frequentie belasting (Hz)} \\ h_{asf} &= \text{dikte asfalt (m)} \\ v &= \text{snellheid vrachtverkeer (km/u)} \end{aligned}$$



Figuur 5.3 Voorbeeld stijfheidsrelatie asfalt

De mengselstijfheid $E_{20^{\circ}\text{C}, 8\text{Hz}}$ bij 20°C en 8 Hz dient te worden vastgesteld conform proef 62 'typeonderzoek van asfalt' van de Standaard RAW Bepalingen 2020 [2]. De reductie waarmee deze stijfheid wordt vertaald naar een karakteristieke (85% betrouwbare) stijfheidsrelatie is afhankelijk van de mate van spreiding van de stijfheidswaarden in het typeonderzoek en de omvang van het stijfheidsonderzoek [5].

De coëfficiënten C_1 t/m C_4 moeten voor een definitief ontwerp bepaald zijn voor de toe te passen asfaltmengsels, op basis van de resultaten van het typeonderzoek. De bepaling van de coëfficiënten moet onderdeel zijn van de ontwerpnota, waarbij ten minste moeten worden aangegeven:

- de gemiddelde stijfheid van de 18 onderzochte balkjes
- de standaardafwijking van de stijfheid van de 18 onderzochte balkjes

Indien in later stadium alsnog andere mengsels worden voorgesteld moet de ontwerpnota worden herzien. De coëfficiënten worden weergegeven op de uitdraai van OIA [1] onder Details van de Constructielagen en kunnen dus direct met de in de ontwerpnota bepaalde waarden vergeleken worden.

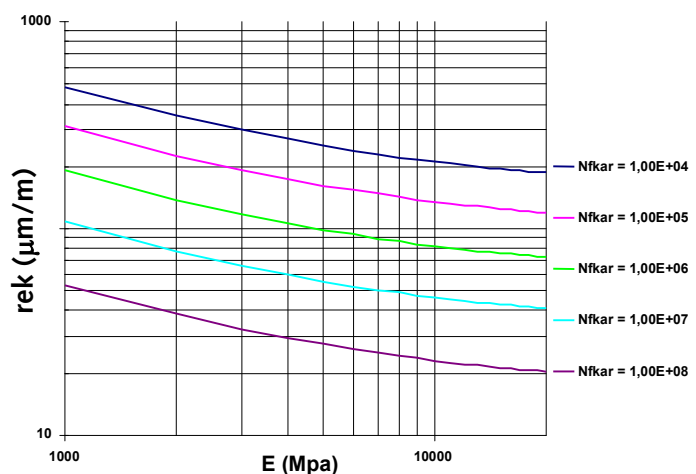
5.1.4.2 Dwarscontractiecoëfficiënt

Voor de dwarscontractiecoëfficiënt (ook wel Poissonverhouding) van asfalt wordt een vaste waarde van 0,35 aangehouden.

5.1.4.3 Karakteristieke vermoeiingssterkte asfalt

De karakteristieke vermoeiingssterkte van asfalt wordt beschreven door een relatie (zie figuur 5.4) die aangeeft hoeveel maal de berekende asfaltrek kan worden toegelaten bij een gegeven mengselstijfheid. Als het optredende aantal rekherhalingen groter is dan het opneembare aantal rekherhalingen zal er onder in de asfaltlaag initiatie van vermoeiingsscheuren optreden.

Deze scheuren zullen vervolgens doorgroeien naar de bovenzijde van de asfaltlaag ('propagatie').



Figuur 5.4 Karakteristieke vermoeiingsrelatie asfalt

Deze karakteristieke vermoeiingsrelatie wordt afgeleid van de gemiddelde vermoeiingslijn zoals bedoeld in NEN-EN12697-24 annex D par. 6.1 en vastgesteld conform proef 62 'typeonderzoek van asfalt' van de Standaard RAW Bepalingen 2020 [2]. Deze is weergegeven in figuur 5.5 (bovenste lijn).

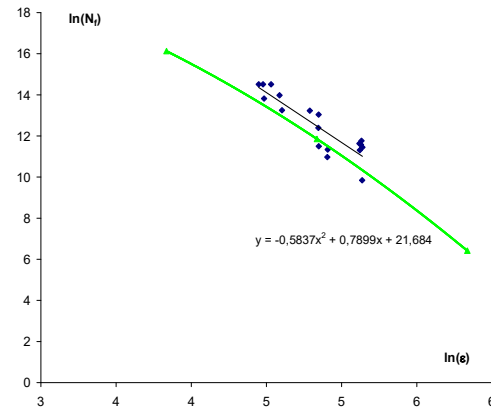
Op deze lijn wordt in drie punten een reductie bepaald [6], om te komen tot een karakteristieke (85% betrouwbare) waarde.

Deze reducties zijn afhankelijk van

- de mate waarin de meet - rekniveaus bij het onderzoek gespreid gekozen zijn
- de correlatiecoëfficiënt van de regressie R^2
- aantal herhalingen van het vermoeiings-onderzoek (normaliter eenmalig)

Door deze drie karakteristieke punten wordt vervolgens een tweedegraadspolynoom (onderste lijn in figuur 5.5) bepaald conform

$$\ln(N_{fkar}) = a \cdot \ln^2(\varepsilon_{asf}) + b \cdot \ln(\varepsilon_{asf}) + c$$



Figuur 5.5 Vermoeiingslijn uit typeonderzoek (boven) en daarvan afgeleiden karakteristieke lijn (onder)

Op basis van de aldus bepaalde coëfficiënten a, b en c wordt tenslotte de karakteristieke vermoeiingsrelatie bepaald als:

$$\ln(N_{fkar}) = C_1 + C_5 \cdot (\ln(\varepsilon_{asf}) + C_2 \cdot \ln^2(E_{asf}) + C_3 \cdot \ln(E_{asf}) + C_4)^2 \quad (5.6)$$

waarin

N_{fkar} = karakteristieke vermoeiingssterkte asfalt, afhankelijk van rekniveau en asfaltstijfheid

ε_{asf} = rek in asfalt ($\mu\text{m}/\text{m}$)

C_1 = $-(b^2 - 4ac) / (4a)$

C_2 = $-0,064449$

C_3 = $1,404363$

C_4 = $b/(2a) - C_2 \cdot \ln^2(S_{200C, 30Hz}) - C_3 \cdot \ln(S_{200C, 30Hz})$

C_5 = a

E_{asf} = stijfheidsmodulus asfalt [MPa]

Indien alleen een stijfheidsmodulus bij 20°C en 8 Hz beschikbaar is wordt deze benaderenderwijze omgewerkt naar de stijfheidsmodulus bij 20°C en 30 Hz door vermenigvuldiging met een standaard factor 1,2393.

Deze karakteristieke vermoeiingsrelatie heeft een wat andere vorm (zie figuur 5.4) dan de in het verleden gebruikte gemiddelde relatie. Belangrijk verschil is dat de afstand tussen lijnen van gelijke levensduur niet meer constant is maar toeneemt bij zeer hoge en lage rekniveaus (zie fig. 5.4). Dit hangt samen met het feit dat de betrouwbaarheid bij extrapolatie van de meetwaarden naar hogere of lagere rekniveaus zowel afhangt van de mate van spreiding van de meetwaarden rond de regressielijn als van de mate van extrapolatie.

De coëfficiënten C_2 en C_3 die de stijfheidsafhankelijkheid beschrijven kunnen uit een typeonderzoek niet meer worden bepaald omdat dit slechts bij een temperatuur wordt uitgevoerd. Hiervoor zijn derhalve standaard waarden afgeleid³ uit de klassieke F78 - karakteristiek.

³ De aangegeven waarden voor C_2 en C_3 zijn gelijk aan de constanten C_2 (0,33796) en C_3 (-7,3642) uit de oorspronkelijke F78 - karakteristiek gedeeld door de constante C_5 (-5,2438) uit de oorspronkelijke karakteristiek

De coëfficiënten C_1 t/m C_5 moeten voor een definitief ontwerp bepaald zijn voor de toe te passen asfaltmengsels, op basis van de resultaten van het typeonderzoek. De bepaling van de coëfficiënten moet onderdeel zijn van de ontwerpnota, waarbij ten minste moeten worden aangegeven:

- de helling p van de gemiddelde vermoeiingslijn (zoals bedoeld in NEN-EN12697-24 annex D)
- het intercept A_0 van de gemiddelde vermoeiingslijn (idem)
- de correlatiecoëfficiënt van de regressie R^2 (idem)
- het gemiddelde op logaritmische schaal van de opgelegde rekniveaus
- de standaardafwijking op logaritmische schaal van de opgelegde rekniveaus
- de gemiddelde stijfheid van de 18 onderzochte balkjes
- de standaardafwijking van de stijfheid van de 18 onderzochte balkjes

Indien in later stadium alsnog andere mengsels worden voorgesteld moet de ontwerpnota worden herzien. De coëfficiënten worden weergegeven op de uitdraai van OIA [1] onder Details van de Constructielagen en kunnen dus direct met de in de ontwerpnota bepaalde waarden vergeleken worden.

5.1.4.4 *Praktijk - shiftfactor of 'healingfactor'*

Op de karakteristieke vermoeiingssterkte van asfalt wordt een correctie aangebracht om de theoretische levensduren van de verharding te vertalen naar het verwachte praktijkgedrag. Deze factor dient gedeeltelijk om te verdisconteren dat de vermoeiingslevensduur van asfalt bij rustperiodes tussen de lastpulsen langer meegaat dan bij de continue sinusbelasting in de vermoeiingsproef, door zelfherstel ('healing') in de rustperiodes (deze healing wordt wel verklaard uit visceus dichtvloeien van microscheurtjes in de mastiek en herstel van de hechting over micro-breukvlakjes tussen mastiek en aggregaat in het asfaltmengsel). Daarnaast speelt echter ook dat een ontwerpmethodiek altijd een schematisering is van de werkelijkheid. Zo wijken het reksignaal en de (driedimensionale) spanningstoestand in de verharding aanzienlijk af van die in de vermoeiingsproef. Verder is de verharding niet onderhevig aan rekken van constant niveau maar treedt een spectrum van rekniveaus op bij een spectrum van temperaturen, waarbij ook de vraag ontstaat of er sprake is van volgorde – effecten. Om al deze en verdere aspecten te verdisconteren wordt een praktijkshiftfactor gehanteerd, die zoals hierboven uiteengezet dus veel meer aspecten moet afdekken dan het aspect healing.

Voor asfaltmengsels met paving grade bitumen of harde bitumen moet worden gerekend met een praktijk - shiftfactor SF conform:

$$SF = 1 + 0,0000419 * V_b^{1,06} * pen^{2,45} \text{ waarbij } SF \leq 4 \quad (5.7)$$

waarin

SF = praktijk - shiftfactor op karakteristieke vermoeiingssterkte asfalt

V_b = bitumengehalte (waar nodig gecorrigeerd voor de dichtheid van het aggregaat conform NEN-EN13108-7 artikel 5.2.3) (%m/m 'in')

pen = penetratiewaarde van de bitumen (10^{-1} mm)

Voor asfaltmengsels met gemodificeerde bitumina of additieven moet een waarde 1,0 worden aangehouden. Bij gebruik van asfaltgranulaat moet in formule 5.7 de penetratie van de gemengde pen_{mix} conform NEN-EN 13108-1 annex A worden aangehouden.

5.2 Dimensioneringsberekeningen en toetsingen

Dimensioneringsberekeningen in OIA [1] bestaan in principe uit:

- omwerken van de gewenste ontwerpperiode naar het bijbehorend totaal aantal aspassages (zie par. 3.1)
- berekenen van het aantal aspassages n_{ij} per combinatie van aslastklasse i en bandtype j (zie par. 3.3 en 3.4)
- omwerken van de karakteristieke waarden voor de ontwerpparameters naar rekenwaarden afhankelijk van het gewenste betrouwbaarheidsniveau (zie par. 5.2.1)
- berekenen van kritieke rek-, stuik- of spanningswaarden per combinatie van aslastklasse en bandtype (zie par. 5.2.2)

- berekenen van het verbruik aan vermoeiingssterkte of vervormingsweerstand door het totale verkeer tijdens de ontwerpperiode (zie par. 5.2.3)
- toetsing van dit verbruik aan het toelaatbaar verbruik (zie par. 5.2.4) en iteratief aanpassen van de asfaltdikte tot beide aan elkaar gelijk zijn (in OIA [1] kan worden aangegeven welke laag moet worden aangepast; normaliter is dat de onderste of de een na onderste asfaltlaag)

Berekeningen ter toetsing aan kritieke rek- en stuikwaarden in OIA [1] omvatten:

- het toetsen van rek-, stuik- of spanningswaarden in zelfbindende ongebonden funderingen aan toelaatbare waarden (zo wordt de horizontale trekspanning onderin een zelfbindende ongebonden fundering bij een belasting door een dubbellucht wielstel met wiellast 50 kN getoetst aan een vaste waarde van 128 kPa).
- het berekenen van kritieke rek- of spanningswaarden in cementgebonden funderingen onder een enkele zware aslast, ter toetsing op het risico van bezwijken. Van de cementgebonden funderingen worden voor werken van Rijkswaterstaat alleen asfaltgranulaatcement en asfaltgranulaat-emulsiement (zie par. 4.1) geschikt geacht. Bij gebruik hiervan dient mag wegens ontbreken van een bewezen dimensioneringsmethode voor deze funderingen slechts een rekenwaarde van ten hoogste 1200 MPa worden aangehouden voor de stijfheidsmodulus. Omdat OIA dezelfde stijfheid ook hanteert bij de toetsing op overbelasting mag ter compensatie van deze lage rekenstijfheid een fictieve breukrek van 290 $\mu\text{m/m}$ worden aangehouden.

5.2.1 Rekenwaarden ontwerpparameters

Bij de berekeningen wordt niet direct gebruik gemaakt van de in voorgaande paragrafen genoemde karakteristieke stijfheden, laagdikten, vermoeiingssterkte en vervormingsweerstand. Direct gebruik daarvan zou leiden tot veiligheid op veiligheid. Voor de berekening worden karakteristieke sterkteparameters (dikten, stijfheden, vermoeiingsweerstand, vervormingsweerstand, treksterkte, breukrek) gedeeld door een zogeheten partiële factor. De karakteristieke vrachtwagenintensiteit wordt vermenigvuldigd met een partiële factor. Hierdoor worden de karakteristieke ontwerpparameters omgewerkt naar rekenwaarden voor de ontwerpparameters die het gewenste betrouwbaarheidsniveau opleveren. De partiële factoren zijn weergegeven in tabel 5.5.

Tabel 5.5 Partiële factoren

Parameter	Partiële factor bij betrouwbaarheid van			
	85%	75%	70%	50%
Dikte constructielaag 1	0,971	0,966	0,964	0,953
Stijfheid constructielaag 1	0,868	0,849	0,843	0,820
Vermoeiingssterkte constructielaag 1	0,925	0,790	0,744	0,592
Dikte constructielaag 2	0,924	0,922	0,922	0,919
Stijfheid constructielaag 2	0,906	0,863	0,846	0,775
Treksterkte onderzijde zelfbindende fundering	1,000	1,000	1,000	1,000
Breukrek onderzijde gebonden fundering	1,000	1,000	1,000	1,000
Verbrijzeling gebonden fundering	1,000	1,000	1,000	1,000
Dikte constructielaag 3	0,918	0,918	0,918	0,917
Stijfheid constructielaag 3	0,743	0,734	0,730	0,717
Stijfheid constructielaag 4	0,829	0,821	0,818	0,808
Vrachtwagenintensiteit	0,852	0,768	0,737	0,633

Alle asfaltlagen vallen daarbij onder constructielaag 1. Elke laag daaronder krijgt de partiële factor op basis van de plaats van die laag in de constructie. Als voorbeeld: in het geval van een constructie met asfalt, fundering, onderfundering en een ondergrond krijgt de ondergrond de partiële factor van constructielaag 4. Als de constructie bestaat uit asfalt rechtstreeks op de ondergrond, krijgt de ondergrond de partiële factor van constructielaag 2.

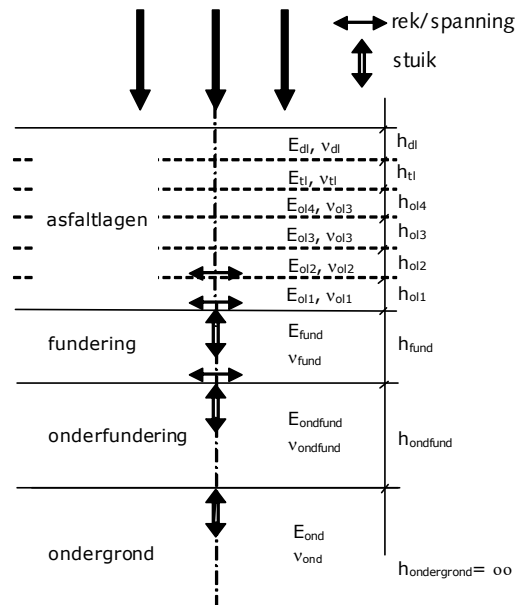
Deze partiële factoren zijn bepaald door middel van eerste orde probabilistische berekeningen (zie Annex C van NEN-EN 1990 Eurocode 0) die voor de ontwerppraktijk doorgaans te omslachtig en tijdrovend zijn. De factoren zijn berekend voor diverse betrouwbaarheidsniveaus. Voor Rijkswaterstaat geldt een betrouwbaarheidsniveau van 85% tenzij in de vraagspecificatie anders aangegeven. De aangehouden waarde kan op de uitdraai van OIA [1] worden gecontroleerd onder Ontwerpinstellingen.

5.2.2 Berekening kritieke rek- en stuikwaarden

In figuur 5.6 is aangegeven op welke locaties in de conform de voorgaande paragrafen gemodelleerde verharding de diverse rek/stuik/ spanningswaarden worden berekend door OIA [1].

Daarbij moet aangetekend worden dat met deze rek-, stuik- en spanningswaarden zeker niet alle mogelijke schademechanismen kunnen worden geanalyseerd⁴.

Voor werken voor Rijkswaterstaat zijn hiervan alleen de schademechanismen vermoeiing onderin het asfalt, vervorming in onderfundering en ondergrond, overschrijding van de sterkte van zelfbindende ongebonden fundering en overschrijding van de breukrek van gebonden fundering van belang.



Figuur 5.6 Locaties kritieke rek, stuik en/of spanning in OIA

Andere schademechanismen worden beheerst door het beperken van de toepassing van gebonden funderingen en het uitsluitend toepassen van materialen en uitvoeringsmethoden waarvan de geschiktheid is aangetoond [7].

Zoals uiteengezet in hoofdstuk 3 hanteert OIA [1] voor de verkeersbelasting een aslastspectrum en een bandspectrum. OIA [1] berekent bovengenoemde kritieke spanningen en rekken bij de enkele bandtypen altijd onder het midden van de band. Bij de dubbele wielstellen wordt de spanning of rek zowel midden tussen de wielen als in het hart van een wiel berekend en wordt de grootste waarde van beide genomen. Het contactvlak van de band en de bandcontactdruk worden daarbij berekend in afhankelijkheid van de aslast [1].

De berekende asfaltrekken worden gecorrigeerd voor een eventueel randeffect (zie par. 5.2.3.2)

5.2.3 Berekenen van het verbruik van vermoeiingssterkte of vervormingsweerstand door verkeer tijdens ontwerpperiode

Het totale verbruik van vermoeiingssterkte of vervormingsweerstand gedurende de ontwerpperiode wordt als volgt berekend:

- berekenen van het aantal malen N_{ij} dat de verharding een combinatie van aslastklasse en bandtype kan dragen, door de berekende rek- of stuikwaarden in te voeren in de desbetreffende vermoeiings- of vervormingsrelatie (zie par. 5.1.4.3 en 5.1.2.2) en rekening houdend met versporingseffect, eventueel randeffect en praktijkfactor
- berekenen van het verbruik van vermoeiingssterkte of vervormingsweerstand per combinatie van aslastklasse en bandtype. Dit verbruik wordt berekend als n_{ij} / N_{ij} , ofwel het aantal assen in de betreffende combinatie van aslastklasse en bandtype gedeeld door het aantal malen dat de verharding de betreffende combinatie kan dragen
- sommeren van het verbruik aan vermoeiingssterkte of vervormingsweerstand over alle aslastklassen i en bandtypen j (zie par. 5.2.4).

⁴ Het effect van de (complexe) spanningssituatie bovenin de verharding op de levensduur van de deklaag kan met OIA bijvoorbeeld (nog) niet worden berekend. Evenmin kan het effect (reflectiescheurvorming) van spanningsconcentraties in het asfaltbeton boven krimpcheuren in rekening worden gebracht, of kan het feit worden verdisconteerd dat de hoogste spanningen in een gebonden fundering optreden naast de krimpcheuren (belastinggeval 'plaatrand').

5.2.3.1 Correctie voor versporing

De correctie voor het versporingseffect heeft betrekking op het gunstig effect op de levensduur doordat niet alle verkeer in hetzelfde spoor rijdt. De mate van versporend rijden wordt in het ontwerpprogramma OIA [1] beschreven door een frequentieverdeling (Laplaceverdeling) met een spreidingsbreedte afhankelijk van

- de rijstrookbreedte
- enkele of dubbele montage (dit heeft enig effect omdat met enige spoorvorming rekening wordt gehouden)
- rijsnelheid vrachtverkeer

Door vergelijken van de berekende schade in de verharding bij niet-versporend rijden met de berekende schade bij versporend rijden volgens genoemde frequentieverdeling, wordt berekend met welke factor het verbruik aan vermoeiingssterkte wordt gereduceerd door het versporend rijden. Deze berekening wordt om redenen van rekensnelheid alleen gedaan voor de dubbellucht band en voor de breedband en alleen bij een aslast van 100 kN. De berekende reductie van de breedband wordt ook van toepassing geacht voor de enkellucht band en de voor de super breedband. Verder wordt per bandtype de reductie bij 100 kN ook van toepassing geacht voor de andere aslastklassen.

5.2.3.2 correctie voor randeffect

De correctie voor het randeffect heeft betrekking op het feit dat spanningen en rekken onder verkeer in de buurt van de rand van de verharding groter zijn dan berekend met het in OIA [1] gebruikte rekenmodel. Dit effect wordt in OIA [1] verdisconteerd door een correctie op de berekende asfaltrekken (zie par. 5.2.2) die wordt berekend afhankelijk van [1]:

- de (samengestelde) dikte en stijfheid van het asfaltpakket
- de samengestelde stijfheid van alle lagen onder het asfaltpakket (fundering, onderfundering, ondergrond)
- afstand rand band tot rand verharding.

OIA [1] berekent de afstand band - rand verharding uit de rijstrookbreedte en de afstand kantstreep - rand verharding. Beide gegevens dienen dan ook bekend te zijn voor de dimensionering. De gebruikte waarden zijn op de uitvoer van OIA [1] terug te vinden onder het onderdeel Verkeer.

5.2.4 Toetsen verbruik vermoeiingssterkte / vervormingsweerstand aan toelaatbare waarde

Het over alle aslastklassen i en bandtypen j gesommeerde verbruik aan vermoeiingssterkte of vervormingsweerstand (zie par. 5.2.3) moet gelijk zijn aan de toelaatbare waarde. In formulevorm:

$$M = \sum_{NL} \sum_{NB} \frac{n_{ij}}{N_{ij}} = M_t \quad (5.8)$$

waarin

M = berekend Minergetal (verbruik aan vermoeiingssterkte of vervormingsweerstand)

n_{ij} = aantal aslastherhalingen in aslastklasse i en bandtype j

N_{ij} = vermoeiingssterkte of vervormingsweerstand bij rekken resp. stuikwaarden voor aslastklasse i en bandtype j

NL = aantal aslastklassen

NB = aantal bandtypen

M_t = toelaatbaar Minergetal (toelaatbare verbruik aan vermoeiingssterkte of vervormingsweerstand)

Indien het berekende Minergetal M te veel afwijkt van het toelaatbaar Minergetal M_t wordt de asfaltdikte aangepast en de berekening herhaald tot wel wordt voldaan.

Op de uitvoer van OIA [1] staat onder Constructie per laag het beschouwde schadecriterium alsmede een schadepercentage dat aangeeft in hoeverre het toelaatbaar Minergetal is bereikt.

Er bestaat echter geen directe koppeling tussen dit schadepercentage op de OIA uitdraai en de schadeomvang in de weg (het percentage weglengte waarover initiatie van vermoeiingsscheuren zou zijn ontstaan) omdat het Minergetal en het toelaatbaar Minergetal beide zijn gebaseerd op karakteristieke (veilige) waarden voor de gemiddelde rekenparameters.

De schadeomvang (berekend met gebruikelijke spreidingen van de ontwerpparameters over de weglengte) speelt wel een rol in de methodiek maar dit is niet zichtbaar. Wel moet een toelaatbare schade worden opgegeven. In contracten van Rijkswaterstaat geldt voor vermoeiing van asfalt een maximale toelaatbare schade van 15% tenzij anders vermeld in de vraagspecificatie. De keuze kan op de uitdraai van OIA [1] worden gecontroleerd onder Ontwerpinstellingen.

5.3 Gebruik van computerprogramma's

Opdrachtnemer moet bovenstaande berekeningen uitvoeren middels het Ontwerp Instrumentarium Asfaltverhardingen (OIA [1]) uitgegeven door CROW.

6 Ontwerprandvoorwaarden

De ontwerpmodellen voor verhardingen kennen beperkingen. De effecten van asfalt- en funderingsnaden, onvolledige hechting tussen lagen en inhomogene constructie-opbouw dwarsrichting zijn met deze modellen niet te bepalen. Wel staat vast dat deze aspecten een zeer nadelig effect kunnen hebben op de levensduur van de verharding.

Om deze reden wordt er voor gezorgd dat deze aspecten niet spelen of alleen aan de orde kunnen zijn in licht belaste zones. Dit geeft een aantal randvoorwaarden aan het verhardingsontwerp.

6.1 Naden

De lagen asfalt waaruit de verharding wordt opgebouwd moeten zodanig worden gemaakt dat de horizontale afstand tussen een asfaltnaad en een dieper gelegen asfaltnaad nergens minder bedraagt dan 15 cm.

6.1.1 Langsnaden in asfaltonderlagen en -tussenlagen

In de onderlagen en/of tussenlagen van een rechterrijstrook, een spitsstrook, een weefstrook, en uitrijstrook, een invoegstrook en/of een vluchtstrook, inclusief de breedte van de aanliggende markeringen, mogen geen langsnaden worden gemaakt behalve in de zone van - 0,5 m tot 0,5 m vanaf hart strook.

Voor een rijbaan met meer dan 2 rijstroken mogen in de rijstrook (inclusief de breedte van de aanliggende markeringen) links van de rechterrijstrook, geen langsnaden in onderlagen en/of tussenlagen worden gemaakt behalve in de zone van - 0,5 m tot 0,5 m vanaf hart strook, tenzij de vrachtwagenintensiteit op de betreffende rijbaan minder dan 8000 vrachtwagens per werkdag bedraagt.

6.1.2 Langsnaden in deklagen

Langsnaden in deklagen moeten in een strakke lijn worden gemaakt evenwijdig aan de markering en mogen niet dicht bij rand verharding of een andere langснаad worden gemaakt dan 1,5 m.

In deklagen van rijstroken mogen, tenzij anders vermeld in de vraagspecificatie, geen langsnaden worden gemaakt in de zone van 0,5 m vanaf hart rijstrook tot en met een afstand van 0,20 m vanaf de aangrenzende markering. Laatstgenoemde maat mag eventueel zijn verruimd tot 0,30 m om een bestaande asfaltnaad te kunnen wegnemen.

Bovendien mogen in deklagen van de zwaarst belaste rijstrook, tenzij anders vermeld in de vraagspecificatie, geen langsnaden gemaakt worden in de zone van 0,5 m vanaf hart rijstrook tot de buitenzijde van de aan rechterzijde aangrenzende markering.

Voor de vluchtstrook geldt dat een langснаad in de deklaag hier minstens 0,5 m vanaf de kanstreep moet worden gemaakt tenzij anders vermeld in de vraagspecificatie of tenzij de vluchtstrook als spitsstrook wordt gebruikt; in dat geval wordt de naad niet verder dan 0,20 m vanaf de kantstreep gemaakt.

6.1.3 Dwarsnaden

Dwarsnaden in de asfaltconstructie moeten getrapt worden uitgevoerd met een onderlinge afstand tussen twee opeenvolgende dwarsnaden van ten minste 0,50 m.

6.1.4 Constructielangsnaden in wegfunderingen

Constructielangsnaden in wegfunderingen bij wegverbredingen mogen niet binnen de invloedssfeer van de rijsporen van zwaarbelaste rijstroken gemaakt worden. Deze invloedssfeer is bepaald als het gebied tussen een lijn onder een hoek van -45 graden door binnenrand linker belijning en een neergaande lijn onder een hoek van 45 graden door buitenrand rechter belijning (hoeken rechtsonder positief gerekend). Een constructielangsvog in een gebied tussen - 0,50 m en + 0,50 m vanaf hart rijstrook is echter toegestaan waar voorgaande beperkingen zouden leiden tot volledige vervaging van een of meerdere stroken.

6.2 Hechting tussen asfaltenlagen

Onvoldoende hechting gaat sterk ten koste van de levensduur van de verharding. Asfaltenlagen moeten daarom duurzaam aan elkaar gehecht zijn door een juiste keuze en dosering van kleefmiddel. Indien bij het nemen van boorkernen lagen loslaten is dit een bewijs dat de hechting onvoldoende is.

6.3 Homogeniteit verhardingsconstructie in dwarsrichting

Verschillen in laagdikten en/of materiaaleigenschappen in dwarsrichting leiden, naast de resulterende langsnaden met de daaraan verbonden risico's, ook tot ongewenste spanningsconcentraties in de verharding. De standaard ontwerpmoedellen kunnen hier zoals gezegd niet mee omgaan.

Om deze redenen moeten nieuwe wegverhardingen over hun gehele breedte dezelfde laagopbouw en laagdikten hebben en uit dezelfde mengsels te bestaan (tenzij de vraagspecificatie dit anders aangeeft).

Voor verbredingen van wegen gelden de volgende aanvullende ontwerprandvoorwaarden:

- het draagvermogen van een verbreding aan rechterzijde (gezien in rijrichting) moet ten minste gelijk zijn aan het vereiste draagvermogen van de naastliggende bestaande strook, ook indien de verbreding geen nieuwe rijstrook wordt;

Tabel 6.1 OIA - coëfficiënten vermoeiingskarakteristiek referentiemengsel

$C_1 =$	39,176585
$C_2 =$	-0,064449
$C_3 =$	1,404363
$C_4 =$	-1,058189
$C_5 =$	-0,212611
SF	4,0

- de dimensionering van de verbreding moet worden uitgevoerd met OIA waarbij voor de onderlagen de eigenschappen dienen te worden aangehouden van het referentiemengsel conform tabel 6.1 en tabel 6.2, tenzij de constructienaad niet in de zwaarst belaste strook wordt gemaakt maar in een strook met maximaal 10 % van het aantal vrachtwagens van de zwaarst belaste strook;

Tabel 6.2 OIA - coëfficiënten stijfheidskarakteristiek referentiemengsel

$C_1 =$	9,618546968
$C_2 =$	-0,018400189
$C_3 =$	-0,001098345
$C_4 =$	0

- in de dimensionering moet worden uitgegaan van een ongebonden fundering (stijfheidsmodulus maximaal 150 MPa) , tenzij dit leidt tot een grotere asfaltdikte dan die van de te verbreden verharding; in dat geval
 - kan een lichtgebonden fundering uit tabel 4.1 met een hogere stijfheidsmodulus worden toegepast en/of kan een onderlaagmengsel met betere vermoeiingseigenschappen worden toegepast, maar
 - mag de asfaltdikte echter niet kleiner worden dan die van de te verbreden verharding.

Cementgebonden funderingen zijn niet geschikt voor het maken van verbredingen;

- indien het ontwerp is gemaakt op basis van de eigenschappen van het referentiemengsel conform tabel 6.1 en tabel 6.2 moet middels een OIA berekening aangetoond worden dat de eigenschappen van de feitelijk toe te passen asfaltemengsels ten minste gelijkwaardig zijn;
- per asfaltlaag moet een inkassing worden toegepast;
- op de onderste asfaltlaag van de verbreding moet een asfaltwapening worden toegepast met ten minste 0,5 m verankeringslengte in de bestaande verharding en ten minste 0,5 m verankeringslengte in de verbreding. Deze asfaltwapening moet in dwarsrichting van de weg een productstijfheid $E \cdot A$ hebben van ten minste 4000 kN/m¹ en een productsterkte F_{max} van tenminste 200 kN/m¹. Voor kleven en verdere uitvoering/verwerking moeten de voorschriften van de leverancier worden aangehouden.

- De verhardingslagen (uitgezonderd deklagen, zie par. 7.1) moeten aan de rand van de verharding trapsgewijs worden afgebouwd onder een hoek van 45°.

7 Standaard details

7.1 Hoogteverschillen aan rand verharding, open deklagen

Open deklagen moeten aan de rand vrij kunnen uitwateren naar de berm of de goot. Daarnaast moet, bij afwatering naar de berm, ingroei van vegetatie vanuit de berm in de open deklagen worden tegengegaan.

Bij afwatering naar de berm wordt daarom bij nieuwe verhardingen met ZOAB deklaag een uitstroomconstructie van 20 cm breedte toegepast. Deze uitstroomconstructie wordt uitgevoerd als een tussenlaag die 20 cm verder doorloopt dan de deklaag (zie figuur 7.1).

Bij afwatering op een goot verhindert deze goot de ingroei en is de uitvoering conform figuur 7.2.

In beide situaties is aan rand ZOAB een hoogteverschil van gemiddeld 50 mm aanwezig.

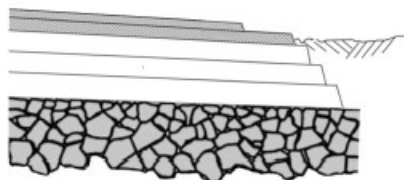
Deklagen van tweelaags ZOAB hebben echter een totaaldikte van ca. 70 mm, wat zonder verdere maatregelen een te grote hoogtestap zou opleveren tussen wegdek en bovenzijde uitstroomconstructie of tussen wegdek en bodem goot.

Om deze reden wordt tweelaags ZOAB bij een uitstroomconstructie of goot trapsgewijs afgebouwd met een trapbreedte van eveneens 20 cm tussen de toplaag en de onderlaag van de tweelaags ZOAB. Voor het geval van een uitstroomconstructie levert dat de detaillering op volgens figuur 7.3. Voor het geval van een gootconstructie levert het de detaillering op volgens figuur 7.4.

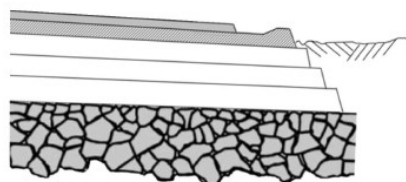
In de vereiste breedten van 20 cm voor de uitstroomconstructie en voor de trap tussen de de toplaag en de onderlaag van tweelaags ZOAB mag de eigen afbouwbreedte van beide open lagen niet worden meegerekend. Omdat een asfaltlaag normaliter onder een hoek van ca 45 graden is afgebouwd betekent dit dat voor deze afbouw ca 7 cm extra verhardingsbreedte nodig is.

Zoals uit het bovenstaande blijkt is bij ZOAB de totaal benodigde verhardingsbreedte kleiner dan bij tweelaags ZOAB omdat in de deklaag zelf geen trap aanwezig is. Het is echter wel aan te bevelen om in dit geval bij het ontwerp waar mogelijk rekening te houden met een toekomstige vervanging door tweelaags ZOAB die voor de trapsgewijze afbouw alsnog ruim 20 cm extra verhardingsbreedte zal vragen.

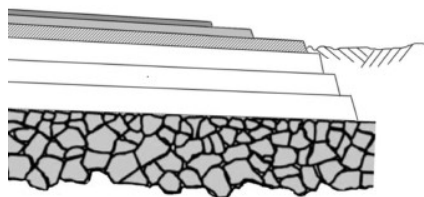
Voor situaties waarin bovenstaande oplossingen niet kunnen worden ingepast zijn in een recente prijsvraag "Veilige ZOAB Randconstructies" enkele alternatieve randoplossingen gevalideerd.



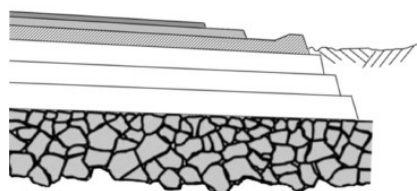
Figuur 7.1 Rand verharding met uitstroomconstructie en ZOAB deklaag



Figuur 7.2 Rand verharding met gootconstructie en ZOAB deklaag



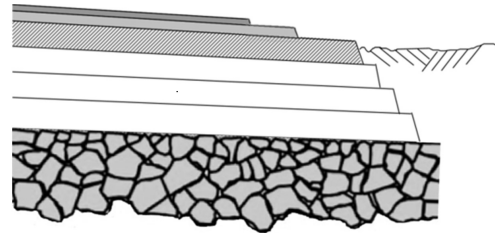
Figuur 7.3 Rand verharding met uitstroomconstructie en trapsgewijs afgebouwde tweelaags ZOAB deklaag



Figuur 7.4 Rand verharding met asfaltgoot en trapsgewijs afgebouwde tweelaags ZOAB deklaag

Noot: in bestaande situaties (buiten het kader van deze specificaties) kan het voorkomen dat onvoldoende wegbreedte beschikbaar is voor het realiseren van een oplossing volgens een van de vier figuren 7.1 t/m 7.4.

Bij afwatering op de berm kan dan geen uitstroomconstructie worden gemaakt. Dit geldt ook waar in het geval van tweelaags ZOAB wel ruimte is voor een enkele trap van 20 cm; deze moet dan tussen top laag en onderlaag van de tweelaags ZOAB worden gemaakt (zie figuur 7.5) om te vermijden dat aan rand wegdek een hoogtestap van meer dan 50 mm zou ontstaan.



Figuur 7.5 Trapsgewijs afgebouwde tweelaags ZOAB deklaag inclusief uitstroomconstructie

In beide gevallen (ZOAB en tweelaags ZOAB) is de situatie aan rand verharding dan ongunstig, omdat de berm niet hoger mag liggen dan de onderkant ZOAB resp. de onderkant van de tweelaags ZOAB onderlaag. De bermhoogte is echter lastig te beheersen en de berm zal dan ook vaak lager zijn. Hierdoor zullen aan rand verharding gemakkelijk hoogtestappen van meer dan 50 mm kunnen ontstaan. Waar ook geen ruimte is voor een trap tussen top laag en onderlaag van tweelaags ZOAB kan dat zelfs meer dan 70 mm worden.

Bij afwatering op een goot ontstaat bij tweelaags ZOAB ook een zeer onwenselijke situatie als er geen trap gemaakt kan worden tussen de top laag en de onderlaag van de tweelaags ZOAB, omdat dat ook hier een hoogtestap aan rand wegdek van ten minste 70 mm geeft.

7.2 Uitstroomconstructies

Waar aan rand verharding een nieuwe gootconstructie is voorzien moet deze, tenzij de vraagspecificatie uitdrukkelijk anders vermeldt, worden uitgevoerd in asfaltbeton en moet deze tegelijk met het aanbrengen van de asfaltlagen van de verharding in één arbeidsgang machinaal worden aangebracht. Aan de bermzijde moet deze asfaltgoot een waterdichte asfaltrug hebben met een hoogte van 60 tot 70 mm ten opzichte van het diepste punt van de goot.

De rand van deze asfaltrug dient aan de zijde van de goot niet steiler te zijn dan 1 op 3. De bodem van de goot moet minstens 400 mm breed zijn.

7.3 Vluchthavens

Vluchthavens moeten worden uitgevoerd met een ongebonden steenfundering volgens tabel.4.1 en een dekking aan asfaltbeton van ten minste 120 mm. Hierbij moet

- voor onderlagen asfaltbeton van kwaliteit OL-C worden toegepast
- voor tussenlagen asfaltbeton van kwaliteit TL-C (onder dichte deklaag) of TLZ-C (onder open deklaag) worden toegepast.
- voor dichte deklagen asfaltbeton van kwaliteit DL-C worden toegepast.

Hierbij moet ten minste één asfaltbetononderlaag of -tussenlaag over een breedte van ten minste 15 cm in de bestaande verharding worden ingekast.

De dikten van de verschillende lagen moeten voldoen aan de best practice regels volgens VGW [7].

7.4 Scheurherstel met asfaltwapening

Scheurvorming in een bestaande verharding kan leiden tot scheurdoorgroei in nieuw aangebrachte asfaltlagen. Om dit te voorkomen of ten minste te vertragen moet een scheurremmende maatregel worden toegepast in de vorm van asfaltwapening.

Asfaltwapening dient onder de bovenste onderlaag of dieper te worden toegepast. Voor de beoogde scheurremmende werking zijn ten minste de volgende eigenschappen benodigd:

- een treksterkte in langsrichting van tenminste 100 kN/m¹;
- een treksterkte in dwarsrichting van tenminste 200 kN/m¹;
- een productstijfheid $E \cdot A$ van tenminste 4000 kN/m¹;
- een rek bij breuk van maximaal 5%;
- een breedte van ten minste 1,95 m

De wapening moet

- zo worden gelegd dat aan weerszijden van langs- en/of dwarsscheuren ten minste 0,75 m verankeringslengte aanwezig is;
- bij dwarsscheuren ten minste 1,0 m voorbij het begin en einde van de scheur worden doorgezet;
- bij langsscheuren tenminste 5 m voorbij het begin en einde van de scheur te worden doorgezet;
- waar genoemde lengte niet beschikbaar is door aanwezigheid van een verhardingsrand of een voegconstructie, worden doorgezet tot aan de rand van de verharding resp. tot aan de voegconstructie

De voor het aanbrengen van de wapening te maken freestappen moeten zodanig worden gekozen dat de asfaltnaden die bij herstel ontstaan voldoen aan het gestelde in par. 6.1.

8 Aanvullende ontwerpeisen

8.1 Interacties

Bij het ontwerp van de wegverhardingen inclusief het maken van materiaalkeuzen moet rekening worden gehouden met de effecten van:

- bodemgesteldheid en te verwachten zettingen;
- grondwater en capillaire stijghoogte
- aanwezig in aanbouw zijnde of te bouwen kunstwerken en tunnels;
- aanwezige of aan te leggen duikers en rioleringen;
- aanwezige, te verleggen of aan te leggen kabels, leidingen en mantelbuizen.

8.2 Eisen aan de bepaling van de functionele eigenschappen

Voor asfaltbeton dienen de functionele eigenschappen (stijfheid en vermoeiingsweerstand) te worden vastgesteld in laboratoriumonderzoek conform proef 62 van de Standaard RAW Bepalingen 2020 [2]. De juistheid van deze metingen dient te worden aangetoond middels een certificaat, geldig op het moment van meten, dat verklaart dat de gebruikte testbank met positief gevolg heeft deelgenomen aan het "CROW- Ringonderzoek Vierpuntsbuigproef".

9 Begrippen

Begrip	Definitie
Asfaltbeton	asfalt conform NEN-EN13108-1 waarin het toeslagmateriaal continu wordt gegradeerd of 'gap - graded' is, waardoor een ineengrijpende structuur ontstaat.
Asfaltgranulaatcement	Gebonden asfaltgranulaat bestaande uit een mengsel van asfaltgranulaat, zand, cement en water
Asfaltgranulaatemulsie-cement	Gebonden asfaltgranulaat bestaande uit een mengsel van asfaltgranulaat, zand, bitumenemulsie, cement en water
Asfaltverharding	Wegverharding die een of meer lagen van asfaltbeton bevat welke een substantiële bijdrage levert/leveren aan het draagvermogen.
Bovenbouw	Gedeelte van de wegconstructie boven de Onderbouw. Synoniem met "verharding".
Breukrek	Karakteristieke waarde van rek in een gebonden materiaal onder eenmalige bezwijkbelasting.
Capillaire stijghoogte	Hoogte waarover water in de poriën van fijnkorrelig materiaal kan opstijgen boven het freatisch vlak.
Combinatiedeklaag	Een deklaag bestaande uit Zeer Open Asfalt met een hoog percentage holle ruimte (25 tot 30%), waarbij deze holle ruimte is gevuld met een (kunststof) gemodificeerde cementslurry.
Declaration of Performance.	Prestatieverklaring, door de producent te leveren conform Annex III van Verordening Bouwproducten, met daarin een tabel met de verklaarde waarden voor de essentiële eigenschappen zoals genoemd in Annex Za van de van toepassing zijnde productnorm.
Dichte Deklaag	Steenmastiekasfalt deklaag, Combinatiedeklaag, Emulsieasfaltbeton deklaag, deklaag van Asfaltbeton of deklaag van cementbeton
Dunne Asfaltdeklaag (DAD)	Asfaltdeklaag met een dikte van 20 mm tot 30 mm, waarin het aggregaat doorgaans discontinu gegradeerd is zodat een steen - op - steencontact ontstaat alsmede een open oppervlaktetextuur. Dunne asfaltdeklaag vallen veelal ofwel onder NEN-EN 13108-5 (SMA) ofwel onder NEN-EN 13108-7 (ZOAB)
Dunne Asfaltinlage	Een asfaltinlage met een dikte van 20 tot 30 mm met een bovenmaat van het toeslagmateriaal van 8 mm en een holle ruimte van ten minste 12%.
Duurzaam Zeer Open Asfalt (DZOAB)	Zeer open asfalt waarvan de technische levensduur door toepassing van een verhoogd bitumengehalte en/of andere maatregelen strookbreed met een jaar en baanbreed met twee jaar wordt verlengd ten opzichte van de technische levensduur van standaard Zeer Open Asfalt
Emulsieasfaltbeton (EAB)	Een koud bereid mengsel van mineraalaggregaat (steenslag, brekerzand en stof), gemodificeerde bitumenemulsie, cement en water, dat in een continu mengproces op de weg met één en dezelfde machine wordt bereid en verwerkt.
Asfaltgoot	In de asfaltverharding aangebrachte verharde, open afvoer voor hemelwater.
Homogeniteit	Mate waarin de eigenschappen van het materiaal binnen eenzelfde constructielag constant zijn.
Interventieniveau structurele schade nieuwe asfaltverhardingen	Over 15% van de lengte van een wegvak is de vermoeiingslevensduur van het asfalt bereikt of overschreden
Onderlaag	Onder de Deklaag en een eventuele Tussenlaag van een Asfaltverharding gelegen asfaltlaag, bedoeld voor het opnemen van trekspanningen voor het spreiden van verkeersbelastingen naar dieper gelegen lagen.
Ontspannen	Techniek van aanbrengen van een onregelmatig en relatief fijnmazig van kleine scheurtjes tijdens de verhardingsfase van gebonden funderingen om latere negatieve effecten van scheurgroei te beheersen.

Ontwerplevensduur asfaltverhardingen	De periode in jaren waarbinnen, met een zekerheid gelijk aan het opgegeven betrouwbaarheidsniveau, het Interventieniveau voor Structurele Schade niet wordt overschreden.
Open Deklaag	Zeer Open Asfalt, Duurzaam Zeer Open Asfalt, Tweelaags Zeer Open deklaag, Rafelingscorrigerende Maatregel, Dunne Asfaltdeklaag of Dunne Asfaltinlage
Rafelingscorrigerende Maatregel	een behandeling van de deklaag die de rafeling in ernstklasse 1 of 2 opheft en gedurende een zekere periode het rafelingsproces vertraagt
Samenstelling	Materiaalsoorten of chemisch-mineralogische componenten van het mineraalaggregaatmengsel uitgedrukt in hun relatieve aandeel.
Spatten	Aan het wegooppervlak zichtbare plaatselijke opbolling overdwars als gevolg van het uitzetten van gebonden funderingen en het overschrijden van de druksterkte van funderingsmateriaal.
Steenmastiekasfalt (SMA)	'gap - graded' asfalt conform NEN-EN13108-5 met bitumen als bindmiddel, samengesteld uit een skelet van grof gebroken toeslagmateriaal gebonden met een mastiekmortel
Technische levensduur deklaag	De tijdsduur binnen welke de degradatie (rafeling, polijsting, rijspoordiepte etc.) van een deklaag blijft onder de voor vervanging of herstel aangehouden interventieniveaus.
Tussenlaag	Direct onder de deklaag van een asfaltverharding gelegen asfaltbetonlaag.
Tweelaags zeer open deklaag (ZOABTW en ZOABTF)	Een deklaag bestaande uit een combinatie van twee lagen zeer open asfalt met een onderlaag van een grove open gradering en een toplaag van een fijne open gradering
Uitstroomconstructie	Voorziening in een open deklaag tegen ingroei van vegetatie. Hierbij wordt een afstand van 20 cm (lage zijde verharding) of 10 cm (hoge zijde verharding) aangehouden tussen de rand van de deklaag (die dus niet aansluit op de berm) en de rand van de onderliggende asfaltlaag (die wel aansluit op de berm).
Vermoeiing	Verschijsel waarbij een materiaal bezwijkt als gevolg van een groot aantal lastherhalingen elk kleiner dan de bezwijksterkte.
Vervormingsweerstand ondergrond	Het aantal malen dat de ondergrond een belasting kan dragen tot falen (zijnde een onacceptabele onvlakheid door ondergronddeformaties) optreedt.
Vochtbestendigheid	Weerstand van een materiaal tegen verzwakking onder invloed van fysische inwerking van water in vloeibare of dampvorm.
Vochtgevoeligheid	Mate waarin mechanische eigenschappen zoals stijfheid en sterkte van een uit granulair materiaal bestaande laag wijzigen door de aanwezigheid van vocht of verandering van het vochtgehalte.
Vorstbestendigheid	Weerstand van korrelmateriaal tegen de gevolgen van bevriezing van water dat in de poriën aanwezig is.
Vorstgevoeligheid	mate waarin een granulair materiaal bij bevriezing water uit de omgeving aantrekt naar het vorstfront in het materiaal, met als het gevolg dat het volume en het vochtgehalte van het materiaal toenemen.
Zeer Open Asfalt (ZOAB)	asfalt met bitumen als bindmiddel conform NEN-EN13108-7 bereid om een zeer groot gehalte aan met elkaar verbonden poriën te hebben die de doorgang van water en lucht toelaten om het verdichte mengsel waterdoorlatende en geluidreducerende eigenschappen te verschaffen

10 Referenties

- [1] Achtergrondrapport Ontwerpinstrumentarium Asfaltverhardingen (OIA), CROW, 2022 (<https://www.crow.nl/thema-s/infratechniek/asfaltverharding/oia>)
- [2] Standaard RAW Bepalingen 2020
- [3] Standaard RAW Bepalingen 2005
- [4] Toetsingsprocedure gerealiseerde constructie flexibele verhardingen. RWS, IR-N-04.006, versie november 2008
- [5] Vereenvoudigde procedure voor het vaststellen van 85% betrouwbare karakteristieke stijfheidsrelaties voor gebruik in de standaard ontwerpprogramma's. Versie juni 2011. <https://www.crow.nl/thema-s/infratechniek/asfaltverharding/oia>
- [6] Vereenvoudigde procedure voor het vaststellen van karakteristieke vermoeiingsrelaties voor gebruik in de standaard ontwerpprogramma's. Versie juli 2011. <https://www.crow.nl/thema-s/infratechniek/asfaltverharding/oia>
- [7] Verificatie Geschiktheid Wegenbouwmaterialen en - technieken (VGW). Rijkswaterstaat GPO, 2022