

Stroefheidsmetingen SWF-methode

In het kader van de verkeersveiligheid speelt de stroefheid van het wegdek een belangrijke rol. De stroefheid wordt bepaald door de mate van ruwheid (textuur) van het wegdek en het gebruikte grove mineraal aggregaat, maar ook door de mate van vervuiling en of het wegdek droog of nat is. Samen met het remsysteem van het voertuig, type band maar zeker niet te vergeten het gedrag van de bestuurder, heeft de stroefheid grote invloed op de lengte van de remweg. Omdat de remvertraging op een nat wegdek veelal kleiner is dan op een droog wegdek en de kans op een ongeluk twee- tot driemaal groter is, wordt de stroefheid standaard gemeten op een nat gemaakt wegdek. Met het toenemend gebruik van nieuwe geluidarme en open wegdekken is echter ook meer aandacht ontstaan voor stroefheid onder droge omstandigheden (zie Technisch Infoblad Remvertraging).

De stroefheidsmeting is internationaal verre van gestandaardiseerd. In Nederland is vanaf 2017 (naast de methode 86% vertraagd wiel) de methode Side-Way-Force in gebruik. Uit een in het verleden uitgevoerd onderzoek door de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) en Rijkswaterstaat is een samenhang gevonden tussen de wrijvingscoëfficiënt, gemeten volgens de methode 86% vertraagd wiel en het aantal ongevallen op een nat wegdek. Op grond van dit onderzoek zijn grenswaarden opgesteld voor de op deze wijze gemeten wrijvingscoëfficiënt. De op basis van dit onderzoek opgestelde grenswaarden zijn in 2016 op basis van vergelijkende onderzoeken tussen de methode 86% vertraagd wiel en Side-Way-Force omgerekend tot nieuwe grenswaarden voor de SWF-methode. In plaats van de term wrijvingscoëfficiënt wordt ook vaak de term stroefheid gebruikt en bij de SWF-methode het begrip dwarskrachtcoëfficiënt.

1. Toepassingsgebied

De stroefheid kan worden gemeten als controle van de aanvangsstroefheid bij de oplevering van nieuw aangebrachte verhardingen van zowel asfalt als cementbeton. De stroefheidsmeting kan ook worden gebruikt voor het volgen (monitoren) van het stroefheidsverloop in de tijd dan wel voor het periodiek controleren van de stroefheid. De wegbeheerder is immers volgens het Nieuw Burgerlijk Wetboek risicoaansprakelijk voor de toestand van de door hem beheerde wegen. Het stroefheidsresultaat is dan ook van belang voor het mede bepalen van het onderhoudstijdstip en het type onderhoudsmaatregel.

Tegenwoordig worden veel wegenbouwprojecten uitgevoerd waarbij de aannemer tevens verantwoordelijk is voor het onderhoud gedurende een bepaalde termijn.

Veelal worden hierbij door de opdrachtgever eisen gesteld aan de kwaliteit die de verharding gedurende deze termijn minimaal dient te hebben. Dit geldt ook voor de stroefheid van de verharding. Op het areaal van Rijkswaterstaat is vanaf 2017 gebruik gemaakt van de SWF-methode inclusief bijbehorende acceptatiegrenzen en meettermijnen. Deze acceptatiegrenzen en meettermijnen zullen in dat geval waarschijnlijk afwijken van de uit de Standaard RAW Bepalingen bekende minimum waarden.

2. Apparatuur en meetprincipe

De meetapparatuur en het meetprincipe zijn uitvoerig beschreven in de Duitse "Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau Teil: Seitenkraftmessverfahren (SKM)" (TP Griff-StB(SKM)).

2.1 Side Way Force

De meetapparatuur is geïntegreerd in het meetvoertuig. Figuur 1, Figuur 2 en de schematische schets in Figuur 3 geven een indruk van het meetsysteem. Het meetwiel staat scheef onder een hoek van 20° ten opzichte van de rijrichting en loopt vrij.



Figuur 1: Meetsysteem

Tijdens transport is het meetwiel opgetrokken. Voor het binnenrijden van het meetvak wordt het meetwiel tijdig naar beneden gelaten en in contact gebracht met de weg. De statische belasting (FN), die door het meetwiel op de weg wordt uitgeoefend, bedraagt 1960 ± 10 N. Het meetwiel is voorzien van een gestandaardiseerde ongeprofileerde meetband met een bandenspanning van $3,5 \pm 0,1$ bar.

Vanuit het meetvoertuig wordt voor de meetband via een uitstrooinrichting (waterschoen) een waterfilm aangebracht met een breedte van 80 mm en een theoretische dikte van 0,5 mm, berekend op een theoretisch textuurloos oppervlak. Het debiet van de pomp wordt aangepast naar rato van de meetsnelheid.



Figuur 2: Meetwiel

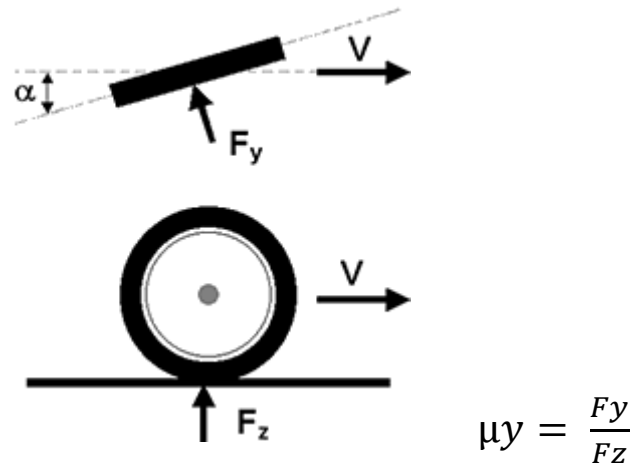
De meting wordt in principe in enkelvoud uitgevoerd. Bij metingen die in het kader van een bouwcontract worden uitgevoerd worden metingen echter in tweevoud uitgevoerd, waarbij meetvakken met een lengte van 2 km of een veelvoud daarvan worden bemeten (ook wanneer het te beproeven meetvak korter is dan 2 km wordt toch een meetlengte van 2 km gemeten). Er worden in deze gevallen strikte eisen gesteld aan het verschil dat aanwezig mag zijn tussen de eerste en de tweede meting. Wordt aan deze eisen niet voldaan dan zijn aanvullende metingen noodzakelijk.

2.2 Meetprincipe

Bij het stroefheidsmeetsysteem (SWF) wordt de dwarskracht bij een vastgelegde scheefstand ($20^\circ \pm 1^\circ$) van het meetwiel (vrij draaiend wiel in het midden van het rechter wielspoor van het meetvoertuig) vastgelegd.

Door de scheefstand van het meetwiel heeft het wiel de neiging een andere richting te volgen dan de rijrichting van het meetvoertuig. Dit wordt echter verhinderd door middel van een reactiestang. Deze reactiestang is voorzien van een elektronische krachtopnemer, waarmee de dwarskracht F_y wordt gemeten (zie Figuur 3). De onzekerheid in de meetwaarde van deze krachtopnemer bedraagt ten hoogste 0,2% van het maximale meetbereik van de krachtopnemer. Door middel van het door Kiwa KOAC uitvoeren van herleidbare kalibraties aan deze krachtdoos wordt deze fout met minimaal een factor 5 gereduceerd (max. 0,04%). Daarnaast mogen bij temperatuurschommelingen tussen 5°C en 50°C in het meetbereik van de krachtopnemer geen veranderingen van de meetwaarde van meer dan $\mu y = \pm 0,005$ optreden.

Het quotiënt van de gemeten dwarskracht F_y en de bekende wiellast (normaalkracht) F_z , resulteert in de dwarskrachtcoëfficiënt. Deze dwarskrachtcoëfficiënt wordt gemeten per 0,10 m en meestal gepresenteerd als gemiddelde waarde over een vaklengte van 100 m.



Figuur 3: Meetprincipe

De dwarskrachtcoëfficiënt is afhankelijk van de eigenschappen van het wegdekoppervlak, de scheefstandhoek van de gebruikte band, de snelheid, de waterfilmdikte, eventuele verontreinigingen, meetbandeigenschappen en van de temperatuur (band, bevochtigingswater, wegdekoppervlak en lucht). Van de meetbandeigenschappen die hierbij van invloed zijn, zijn de bandafmetingen, het bandtype, de wiellast, de bandenspanning en de rubbereigenschappen de voornaamste.

Met het geïntegreerde data-acquisitiesysteem van Kiwa KOAC wordt op afstandsbasis zowel de krachtopnemer van het SWF-systeem, waterdebiet, temperatuursensoren, textuur, HSRP, GPS, camerabeeld als dwarspositie gemeten en vastgelegd. Ook de bediening, presentatie en administratie van de meting wordt door dit systeem verzorgd.

3. Operationele condities

3.1 Meetsnelheid

De dwarskrachtcoëfficiënt neemt af naarmate de snelheid toeneemt. De mate waarin dit gebeurt, is van diverse factoren afhankelijk, waarvan de teurdiepte een van de meest relevante factoren is. Om deze reden bestaan verschillende normwaarden voor de verschillende snelheden.

Afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden wordt voor aanvang van de meting een vaste doelmeetsnelheid gekozen. Deze doelmeetsnelheid bedraagt 40, 60 of 80 km/u. In principe wordt door de opdrachtgever aangegeven welke snelheid gehanteerd dient te worden. De toe te passen normwaarden zijn immers ook afhankelijk van de doelmeetsnelheid. Ter plaatse bepaalt de meettechnicus

echter altijd of de opgegeven doelmeetsnelheid ook daadwerkelijk veilig en haalbaar is.

De toleranties rond de doelsnelheid worden bepaald door het type meting dat wordt uitgevoerd. Bij metingen in het kader van monitoring bedraagt deze tolerantie ± 10 km/u (als gemiddelde over een 100 m vak). In het geval van overige metingen bedraagt deze tolerantie ± 4 km/u (als gemiddelde over een 100 m vak).

Gezien de snelheidsafhankelijkheid van de dwarskrachtcoëfficiënt wordt op basis van de werkelijk gereden meetsnelheid een correctie toegepast op de gemeten dwarskrachtcoëfficiënten (zie ook paragraaf 4.2 "Snelheidscorrectie").

3.2 Dwarspositie meting

Het dwarspositiesysteem dient voor het vastleggen van de meetafstand ten opzichte van de rijstrookmarkering en bestaat uit een sensor, een data-acquisitiesysteem en een display die de bestuurder de benodigde stuurcorrecties toont.

De dwarspositiemetwaarde is gedefinieerd als de afstand van het midden van de raai van het contactvlak van de meetband tot de rechter wegmarkering van de bemeten rijstrook (doorgaans de linkerkant van de rechter kant- of deelstreep).

Het dwarspositiesysteem heeft een oplossend vermogen van 0,4 cm in dwarsrichting en 1 cm in lengterichting. De afwijking van de gemeten waarden mag bij een statische test (kalibratie) maximaal ± 2 cm bedragen. De afwijking ten opzichte van de set-waarde wordt elke 5 meter in stappen van maximaal 5 cm aan de chauffeur getoond. Het meetbereik van het dwarspositiesysteem bedraagt t.o.v. het midden van het meetvoertuig aan weerszijden ruim 3 meter.

3.3 Weer en wegdek

Om een goede meting uit te kunnen voeren moet het te meten wegdek visueel schoon en niet verontreinigd zijn. Mocht de meettechnicus hieraan twijfelen of indicaties hebben voor niet zichtbare verontreinigingen (bijvoorbeeld door schuimvorming op de rijbaan) dan wordt de uitgevoerde meting herhaald.

Verder moeten extreme condities van temperatuur en neerslag tijdens de metingen worden vermeden. Zo mogen in principe geen metingen worden uitgevoerd op natte rijbanen die spray veroorzaken.

Tevens mogen metingen niet worden uitgevoerd bij wegdektemperaturen lager dan 5 °C en hoger dan 50°C, bij luchttemperaturen lager dan 5 °C en niet bij een watertemperatuur (het gebruikte sproeiwater) lager dan 8 °C en hoger dan 25 °C.

Al deze temperaturen worden tijdens de meting continu geregistreerd en opgeslagen in de meetdata. De

nauwkeurigheid waarmee de lucht- en watertemperatuur wordt vastgelegd bedraagt ± 0.5 °C met een oplossend vermogen van 0.1 °C over een meetbereik van 0 – 60 °C. De nauwkeurigheid waarmee de wegdektemperatuur wordt vastgelegd bedraagt ± 1.5 °C met een oplossend vermogen van 1 °C over een meetbereik van 0 - 50°C.

Monitoringsmetingen worden enkel uitgevoerd in de periode van mei tot en met oktober. Andere metingen mogen ook buiten deze periode worden uitgevoerd, zolang maar aan de randvoorwaarden voor de temperatuur wordt voldaan.

3.4 Opmerkingen

Ten behoeve van de controle van de stroefheid moet het wegooppervlak schoon en vrij van obstakels zijn gedurende de uitvoering van de metingen. Tijdens de metingen worden optioneel 'events', zoals lassen, losliggende stenen, andere vervuiling, verandering in oppervlaktype en zijwegen aangegeven.

4. Verwerking meetgegevens

4.1 Berekening

De dwarskrachtcoëfficiënt wordt als volgt bepaald:

$$\mu_y = \frac{F_y}{F_z}$$

Waarbij:

μ_y afleeswaarde dwarskrachtcoëfficiënt
 F_y gemeten dwarskracht
 F_z bekende wiellast (normaalkracht)

$$m = \mu_y$$

Waarbij:

m meetwaarde

4.2 Meetwaardecorrecties

Snelheidscorrectie

Vanwege de grote invloed van de snelheid op de stroefheidswaarde dient de doelmeetsnelheid volgens paragraaf 3.1 aangehouden te worden. In de praktijk treden vanwege verkeersomstandigheden afwijkingen ten opzichte van de doelmeetsnelheid op die een correctie van de stroefheidsmeetwaarde naar het betreffende referentieniveau nodig maakt. Bij de berekening van deze correctie wordt rekenkundig op drie decimalen afgerond.

De meetwaardecorrectie met betrekking tot de snelheid wordt met de volgende formule uitgevoerd:

$$m_v = m + \frac{(V_{ist} - V_{soll})}{20} \times 0,05$$

Waarbij:

- m_v = genormaliseerde, naar de doelmeet-snelheid omgerekende SWF-stroefheidswaarde per 1 m vak [-]
- m = gemeten gemiddelde dwarskrachtcoëfficiënt van het scheefstaande wiel per 1 m vak.
- V_{ist} = gemiddelde snelheid per 1 m vak [km/u]
- V_{soll} = doelmeetsnelheid [km/u]

Temperatuurcorrectie

De snelheid-gecorrigeerde stroefheidsmeetwaarde m_v , dient vanwege de rijbaantemperatuur- en watertemperatuurafhankelijkheid (TF en TW) te worden gecorrigeerd naar de referentie-temperatuur $TF_b = TW_b = 20^\circ\text{C}$. Deze correctie vindt plaats door middel van onderstaande formule, waarbij rekenkundig op drie decimalen wordt afgerond.

$$m_{v,T} = m_v + (TW - 20) \times 0,002 + (TF - 20) \times 0,0012$$

Waarbij:

- $m_{v,T}$ = genormaliseerde, naar de doelmeetsnelheid omgerekende en temperatuur gecorrigeerde SWF-stroefheidswaarde per 1 m vak [-]
- m_v = genormaliseerde, naar de doelmeetsnelheid omgerekende SWF-stroefheidswaarde per 1 m vak [-]
- TW = gemeten watertemperatuur [$^\circ\text{C}$] (zie paragraaf 3.3)
- TF = gemeten wegdektemperatuur [$^\circ\text{C}$] (zie paragraaf 3.3)
- $m_{v,T}$ = vertegenwoordigt de stroefheidswaarde μ_{skm}

4.3 Standaard rapportage

De standaard rapportage geschiedt in principe per meetvak van 100 m en bevat de volgende gegevens:

Locatiegegevens:

- plaats van de meting (weg, baan, strook, meetspoor in rijstrook, meetlengte ten opzichte van een beschreven nulpunt en kilometering);
- meetrichting ten opzichte van de rijrichting indien afwijkend hiervan;
- type verharding, open (ZOAB, ZOAB+, 2 laags ZOAB, dunne geluidsreducerende deklagen) dan wel dicht (asfaltbeton (AC), SMA, combinatiedeklaag, cementbeton en oppervlakbehandeling).

Uitvoerings- en verwerkingsgegevens:

- meetdatum en het volgnummer van de meetdag;
- gemeten lucht-, water- en wegdektemperatuur;

- eventuele meetcondities buiten het tolerantiegebied; meetsnelheid.

Meetwaarden:

- gemiddelde dwarskrachtcoëfficiënt per wegvak van 100 m;
- locaties van alle weggedeelten van 5 m en langer, waarvan de berekende 5 m-waarden lager zijn dan een opgegeven grenswaarde.

Het gemiddelde dient op drie decimalen te worden afgerond. Afhankelijk van het doel van de metingen worden een aantal specifieke eisen gesteld aan de wijze waarop de meetresultaten worden gerapporteerd.

Metingen in het kader van bouwcontracten

Het meetresultaat wordt onderverdeeld in 100 m vakken en berekend uit het gemiddelde van twee gevalideerde meetruns. Twee meetruns zijn valide indien voor elk meetvak van 2 km de meetwaarden aan de volgende voorwaarden voldoen:

- het verschil tussen de gemiddelde dwarskrachtcoëfficiënt per 2 km wegvak mag niet groter zijn dan 0,015;
- het verschil tussen de gemiddelde dwarskrachtcoëfficiënt per 100 m-vak binnen het 2 km wegvak mag niet groter zijn dan 0,050;
- de gemiddelde dwarspositie per 100 m-vak binnen het 2 km wegvak mag nergens meer dan 0,15 m afwijken van de gevraagde meetpositie op de deklaag.

Uit deze twee meetruns worden de achtereenvolgende individuele meetwaarden van dezelfde 100 m vakken tot nieuwe 100 m meetwaarden gemiddeld.

Een individuele 100 m waarde wordt berekend uit de volgens paragraaf 4.2 gecorrigeerde (gemiddelde) individuele 1 m waarden en wordt afgerond op twee decimalen achter de komma.

Metingen in het kader van monitoring

Het meetresultaat per 100 m bestaat uit het gemiddelde van de ongecorrigeerde individuele 1 m waarden (dus zonder snelheids- en temperatuurcorrecties zoals beschreven in paragraaf 4.2).

Overige metingen

Alle overige metingen worden in enkelvoud uitgevoerd en per 100 m gerapporteerd en worden uitgewerkt inclusief snelheids- en temperatuurcorrecties zoals beschreven in paragraaf 4.2.

5. Meetonzekerheid

Ten behoeve van de kwaliteitsborging van de SWF-meetmethode zijn er drie kwaliteitsborgingsmethoden:

- Jaarlijkse periodieke operationele goedkeuring;
- Driemaandelijke externe controle;
- Maandelijks eigen controle.

Voor de jaarlijkse periodieke operationele goedkeuring en de driemaandelijke externe controle dienen deelnemende apparaten te voldoen aan de door de BAST gestelde eisen. Bij het met goed gevolg afleggen wordt een certificaat met een geldigheidsduur van een jaar afgegeven.

De bepaling van de juistheid en herhaalbaarheid van de meetverwachting is beschreven in het BAST (Bundesanstalt für Straßenwesen) document: "Prozessbeschreibung Zeitbefristete Betriebszulassung (ZbBz) Messsystem Seitenkraftmessverfahren (SKM)". Dit document is leidend voor de jaarlijkse toelating door de BAST van de SWF. Om in het kader van TP Griff StB met een SWF toegelaten te worden voor het uitvoeren van stroefheidsmetingen, dient het meetapparaat te voldoen aan alle criteria die in bovengenoemd document zijn beschreven. Voorafgaand aan de dynamische vergelijking met het referentiesysteem van de BAST, vinden statische controles en kalibraties plaats aan het SWF-meetsysteem en aan hulpsystemen zoals temperatuurmeters, waterflow en dwarspositiesysteem. Buiten de jaarlijkse goedkeuring door de BAST dient het meetsysteem minimaal iedere drie maanden te worden vergeleken met het referentiesysteem van de BAST volgens een regime met ruimere toleranties als tijdens de jaarlijkse goedkeuring

(Dynamische) juistheid en herhaalbaarheid

Jaarlijkse goedkeuring

Het startpunt m.b.t. bepaling van de juistheid is de jaarlijkse goedkeuring waarbij in dit verband het meetsysteem van de BAST als referentiesysteem (golden system) fungeert. De vergelijking met het referentiesysteem vindt plaats onder zo goed mogelijk dezelfde omstandigheden d.w.z. zelfde meetband, zelfde water(bron en kraanwater), temperatuur, zo kort mogelijk tijdsinterval tussen de metingen met het referentiesysteem en het goed te keuren systeem. Het goed te keuren meetsysteem wordt volgens een strak regime op een drietal wegvakken met verschillende oppervlakken van elk 2 km, vergeleken met het referentiesysteem. Voor de exacte uitvoering wordt verwezen naar hoofdstuk 6 van "Prozessbeschreibung Zeitbefristete Betriebszulassung (ZbBz) Messsystem Seitenkraftmessverfahren (SKM)".

Eis Herhaalbaarheid:

$\Delta\mu_{skm}$ tussen 2 ritten: $\leq 0,007$

Eis Nauwkeurigheid:

$\Delta\mu_{skm}$ gemiddelde van 2 ritten die voldoen aan de herhaalbaarheidseis tussen referentie meetsysteem en goed te keuren meetsysteem: $\leq 0,020$