



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



Instrumenten voor wegbeheerders

Inleiding

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Inleiding / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 6 blz. (Synthese ; SN 48-Inleiding – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Inleiding

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)

Voor de aanleg en het onderhoud van weginfrastructuur zijn diverse actoren verantwoordelijk. Dat kunnen gewesten of gemeenten zijn, maar ook beheerders van vliegveldbanen, haventerreinen, bedrijventerreinen, enz. Verouderende infrastructuur, toenemende verkeersbelastingen en beperkte budgettaire middelen plaatsen hen echter voor dezelfde uitdagingen.

Kwaliteit is voor alle actoren belangrijk, maar wordt anders ingevuld:

- voor de *weggebruikers* zijn mobiliteit, veiligheid en comfort de voornaamste eisen;
- *aanwonenden* wensen in de eerste plaats vlotte toegang tot hun woning en zo weinig mogelijk (geluids)hinder;
- *bedrijven* willen vlot bereikbaar zijn en moeten hun goederen zo snel mogelijk tot bij hun klanten kunnen brengen;
- voor *wegbeheerders* is het zaak infrastructuur aan te bieden die aan al deze eisen voldoet. Om die kwaliteit te behouden, is efficiënt onderhoud met een doordachte afweging van kosten en baten onmisbaar.

Wegbeheer is inderdaad meer dan rapporteren of communiceren over de staat of de prestaties van het wegennet. Het is ook en vooral bestaande weginfrastructuur efficiënt en duurzaam beheren en onderhouden, om zo goed mogelijk aan de verwachtingen van alle betrokken actoren te blijven voldoen.

Hoe optimale kwaliteit en efficiënt beheer van het wegenpatrimonium garanderen?

Vooreerst is goede (kwantitatieve en kwalitatieve) kennis van het wegenpatrimonium nodig, om de noden op het vlak van onderhoud goed te kunnen schatten (netniveau). Voorts moet voor een gegeven situatie de juiste technische oplossing worden gekozen (projectniveau).

Wegbeheer dat op goed geplande preventieve onderhoudsmaatregelen steunt, is doorgaans efficiënter en op termijn goedkoper dan wegbeheer dat uitsluitend uit curatieve maatregelen bestaat.

Wegbeheer op netniveau en op projectniveau

Wegbeheer vergt in beginsel twee (complementaire) analyses:

- een eerste analyse is een geregelde algemene beoordeling van het wegennet. Voor deze aanpak op **netniveau** wordt bij voorkeur gesteund op een eenvoudige en realistische methodiek met zo objectief mogelijke criteria. Het doel is de krijtlijnen te trekken voor de keuze van de onderhouds- en/ of versterkingsstrategieën en de bepaling van de prioriteiten;
- een tweede analyse vindt plaats op **projectniveau** en heeft als doel de soort van maatregelen voor een gegeven weg of weggedeelte nauwkeuriger te bepalen. Voordat deze maatregelen worden uitgevoerd, is vaak een diepgaander diagnose noodzakelijk. Ook bij de aanleg van een nieuwe weg is een analyse op projectniveau nodig, om precieze besteksbepalingen te kunnen schrijven.

Wegbeheersysteem

Het beheersysteem mag vrij worden gekozen. Meestal is het geënt op een eenduidige systematiek van procedés en methoden voor wegbeheer (*Pavement Management System*).

De eenvoudigste vorm steunt op een jaarlijkse visuele inspectie van de staat van het gehele wegennet, waarbij de wegen bijvoorbeeld in drie klassen (goede staat, matige staat, slechte staat) worden ingedeeld. Vertrekkend van deze indeling worden de dringendste werkzaamheden uitgevoerd. Daarbij wordt eventueel ook rekening gehouden met andere criteria zoals het beschikbare jaarbudget, de mobiliteitsvraag, de hinder voor aanwonenden, enz. Dit kan als een «rudimentaire» aanpak voor een PMS worden bestempeld.

Geavanceerder systemen steunen op gegevens uit metingen met specifieke (computergestuurde) technieken en apparatuur (in voertuigen) voor bijvoorbeeld het coderen van schadebeelden of het meten van het lengteprofiel, de stroefheid, het draagvermogen of de spoorvorming van wegen. Deze gegevens worden aan databases

toegevoerd en met behulp van software verwerkt tot prestatie-indicatoren. Op die manier kunnen de restlevensduur of zogenoemde homogene zones (met dezelfde prestatiekenmerken) worden bepaald, om de prioriteiten voor onderhoud en/of versterking van wegen te bepalen.

Een integraal wegbeheersysteem steunt op een tweevoudige aanpak met een analyse op net- én projectniveau.

Het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) heeft als onpartijdige onderzoeksinstelling de taak wegbeheerders bewust te maken van en te informeren over de grondbeginselen en instrumenten voor goed wegbeheer.

Daarom heeft het OCW als hulpmiddel voor wegbeheerders een reeks steekkaarten opgesteld met uitgebreide informatie over verschillende diagnostische toestellen en methoden die tot objectieve, rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen leiden.

In 2019 is de reeks bijgewerkt en aangevuld.

Wanda DEBAUCHE

Afdelingshoofd
Mobiliteit – Veiligheid –
Wegbeheer

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



Instrumenten voor wegbeheerders

1 | **APL**

Meting van de langsvlakheid van wegen

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 1 APL – Meting van de langsvlakheid van wegen / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 1 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 1 – **APL**

Meting van de langsvlakheid van wegen

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

✓ PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

✓ WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Mathieu Draps: +32 10 23 65 53;
m.draps@brrc.be



1 | APL

Meting van de langsvlakheid van wegen

Doel

De APL (*Analyseur de Profil en Long* – lengteprofielanalysator) voert continue metingen van het lengteprofiel uit, om de langsvlakheid van wegen te kwantificeren. De langsvlakheid is een belangrijke factor voor de veiligheid en het comfort van de weggebruikers.

Uit de meetgegevens kunnen indicatoren zoals de vlakheidscoëfficiënt – VC (België), *Note de bande d'onde* – NBO (Frankrijk) en *International Roughness Index* – IRI (internationaal) worden berekend.

Werkingsprincipe – Methodiek

Het meetwiel stijgt of daalt met het reliëf van de weg. Die beweging veroorzaakt een verandering van de hoek die de draagarm van het wiel met zijn scharnierpunt vormt. Een inerte slinger in de draagarm zet het wegprofiel om in een elektrisch signaal. Om de 5 cm wordt de hoek tussen draagarm en slinger geregistreerd, waardoor een grafische weergave van het "pseudoprofiel" van het wegdek wordt verkregen.

De slinger is onafhankelijk van het trekkende voertuig, zodat de verticale bewegingen van het voertuig de metingen niet beïnvloeden.

De aanhangwagen is ook met een hodometer uitgerust, om de afstand te meten en de snelheid te berekenen.

De APL meet het lengteprofiel (eigenlijk het *pseudoprofiel*) van een weg. De verticale vervormingen van

het wegprofiel (bulten en holten) worden uitgedrukt in mm.

Op basis van het pseudoprofiel kunnen verschillende vlakheidsindicatoren worden berekend. In België is de vlakheidscoëfficiënt (VC) de meest gebruikelijke.

Berekeningswijze

Op het wegprofiel (kromme 1 van figuur 4) een glijdend gemiddelde (een zogenoemd glad profiel – kromme 2) met een conventionele golflengte van 2,5 m, 10 m of 40 m toepassen. De gekozen waarde voor het glijdend gemiddelde wordt basis B genoemd.

De oppervlakte tussen de krommen 1 en 2 berekenen in blokken van 10 m, 25 m, 100 m of 400 m.

De oppervlakte delen door twee (conventioneel).

De uitkomst delen door de gekozen blok lengte en de verkregen waarde terugbrengen naar een virtuele lengte van 1 000 m.

Het resultaat voor elk blok is de VC-waarde.

$$VC_B = 10^4 \text{mm}^2/\text{km}$$

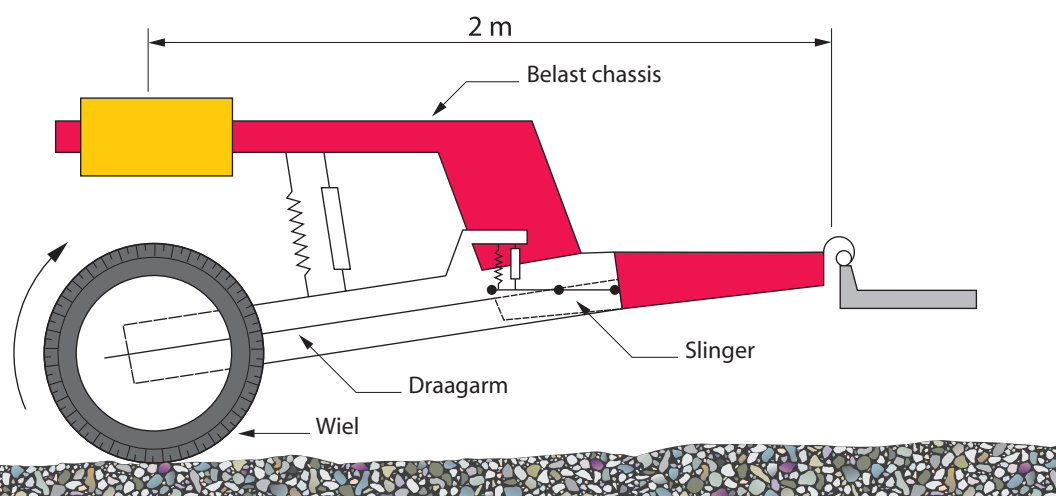
Voorbeeld

Gegevens

- Lengte: 1 km (1 000 m).
- Blok: 100 m (10 blokken van 100 m in 1 000 m).
- Glijdend gemiddelde: golflengte van 40 m (= index_{40}).

Resultaat

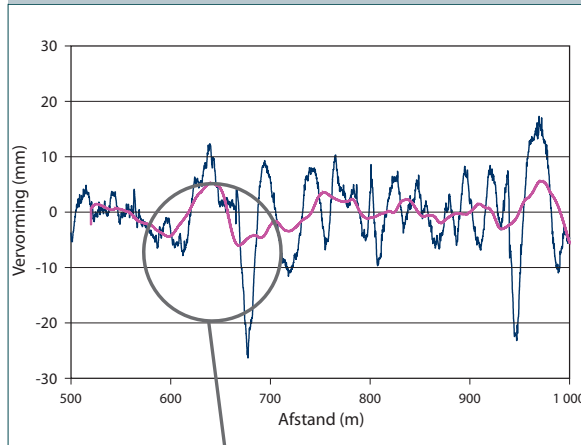
10 VC_{40} -waarden.



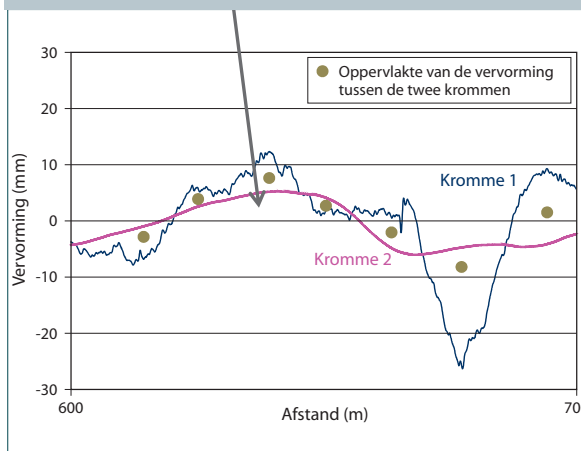
Figuur 1 – Schematische voorstelling van een APL-opstelling



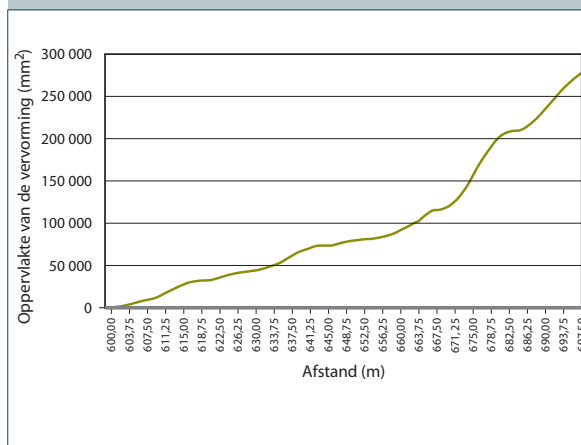
Figuur 2 – Inerte slinger van de APL-aanhangwagens



Figuur 3 – Wegprofiel (in werkelijkheid pseudoprofiel) en glijdend gemiddelde met een golflengte van 40 m



Figuur 4 – Detail van een blok van 100 m



Figuur 5 – Som van de vervormde oppervlakten, gedeeld door twee en berekend op basis van de grafiek op figuur 3. Voor dit blok van 100 m bedraagt de totale oppervlakte van de vervorming 277 610 mm² en $VC_{40} = 277,6$.

Resultaten

Vlakheidscoëfficiënt

De resultaten worden weergegeven in een verslag, met een overzichtstabel voor elk onderzocht weggedeelte en vermelding van de meetcondities en met de locatie.

Ruw profiel

Een tabel met de ruwe, onbewerkte meetresultaten kan worden geëxporteerd en ter beschikking worden gesteld voor verdere bewerking ten behoeve van specifiek onderzoek.

Acceptatiegrenzen

De eisen voor de langsvlakheid zijn vastgelegd in de gewestelijke standaardbestekken. De gebruikelijke indicator voor de vlakheid in België is de vlakheidscoëfficiënt (VC):

- $VC_{0,5}$ en $VC_{2,5}$ voor fietspaden;
- $VC_{2,5}$, VC_{10} en VC_{40} voor wegen voor voertuigverkeer.

Vlaams standaardbestek SB 250

Individuele eisen voor de vlakheidscoëfficiënten bij machinale verwerking					
Kenmerk	Fietspaden	Snelheidsregime			
		> 80 km/h	> 60 km/h	> 40 km/h	≤ 40 km/h
$VC_{0,5}_{i,max}$	15	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
$VC_{2,5}_{i,max}$	45	25	40	45	45
$VC_{10}_{i,max}$	n.v.t.	50	80	90	n.v.t.
$VC_{40}_{i,max}$	n.v.t.	100	160	n.v.t.	n.v.t.

Indivuele eisen voor de vlakheidscoëfficiënten bij manuele verwerking					
Kenmerk	Fietspaden	Snelheidsregime			
		> 80 km/h	> 60 km/h	> 40 km/h	≤ 40 km/h
VC0,5 _{i,max}	30	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
VC2,5 _{i,max}	90	50	80	90	90
VC10 _{i,max}	n.v.t.	100	160	180	n.v.t.
VC40 _{i,max}	n.v.t.	200	320	n.v.t.	n.v.t.

VC = vlakheidscoëfficiënt (*coefficient de planéité* – CP)

n.v.t. = niet van toepassing

Standaardbestek van het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest

Kenmerk	Wegsoort		
	Autosnelwegen	Grootstedelijke wegen en hoofdwegen	Wijkwegen en interwijkwegen
VC _{2,5m}	≤ 35	≤ 40	≤ 45
VC _{10m}	≤ 70	≤ 80	≤ 90
VC _{40m}	≤ 140	≤ 160	-

Wals standaardbestek CCT Qualiroutes

Caractéristique (10 ³ mm ² /hm)	Réseau			
	I	II	III _a	III _b
CP _{2,5m}	≤ 35	≤ 35	≤ 35	-
CP _{10m}	≤ 70	≤ 70	-	-
CP _{40m}	≤ 140	-	-	-

CP = *coefficient de planéité* (vlakheidscoëfficiënt – VC)

Prestaties

Rendement

De APL is een voertuig met groot rendement. Naargelang van de omstandigheden en de te meten afstand kan het rendement tot 200 km per dag bedragen.

Snelheid tijdens metingen

De snelheid tijdens metingen bedraagt 21,6 km/h, 54 km/h, 72 km/h of 144 km/h.

Meetbereik

- Tweesporig.
- Frequentie: 0,4 tot 30 Hz.
- Amplitude: ± 80 mm.
- Meetstap: om de 5 cm ($\pm 0,5$ cm).

- Waargenomen golflengten:
 - 21,6 km/h: 0,2 tot 15 m;
 - 54 km/h: 0,5 tot 50 m;
 - 72 km/h: 0,7 tot 50 m;
 - 144 km/h: 1,4 tot 100 m.

Kalibratie

De APL-aanhangwagens van het OCW worden jaarlijks door een erkend controle-organisme gecontroleerd en om de twee jaar gekalibreerd. Het controle-organisme gaat ook na of het personeel over de geëiste kwalificaties beschikt.

De kalibratie helpt de goede werking binnen de prestatiegrenzen te garanderen.

Beperkingen

Gezien de aard van de VC-berekening en de constante snelheid tijdens de uitvoering is voor en na het te meten weggedeelte een vrije ruimte van ongeveer 200 m noodzakelijk. Daarom kunnen niet op alle wegen APL-metingen worden uitgevoerd.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	✓
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen		
Private wegen	✓	✓
Haventerreinen	✓	✓
Vliegveldbanen	✓	✓

Complementari- teit van de meetresultaten

Net zoals voor de meeste apparatuur voor wegconditieonderzoek kan het nuttig zijn de resultaten uit APL-metingen aan die van andere technieken of methoden te toetsen:

- visuele inspectie;
- kernboringen (in kritieke weggedeelten).

Verwante technieken en methoden

- FPP (fietspadprofilometer).
- Textuurmeting (*Mean Profile Depth* – MPD).
- Dwarsprofielmeting met meerdere lasersystemen.
- Dwarsprofielmeting met roterend lasersysteem.

Veiligheid – Signalering

Het voertuig waaraan de APL-aanhangwagens worden opgehangen is goed zichtbaar en uitgerust met de reglementaire signalering (zebrastrepen, zwaailicht, enz.) van het gewest of land waar de metingen worden uitgevoerd. Extra maatregelen zijn meestal niet nodig, omdat de snelheid tijdens metingen met die van de andere weggebruikers overeenstemt.



Figuur 6 – Kalibratie van de APL-aanhangwagens van het OCW



Literatuur

**Vlaamse Overheid – Agentschap
Wegen en Verkeer (2019)**

Standaardbestek 250 voor de
wegenbouw [versie 4.1].
Hoofdstuk 6.
Brussel : AWV.

**Brussels Hoofdstedelijk Gewest
(2015)**

*TB 2015 : typebestek betreffende
wegeniswerken in het Brussels
Hoofdstedelijk Gewest.*
Brussel : Brussels Hoofdstedelijk
Gewest.

**Service Public de Wallonie –
Direction Générale
Opérationnelle des Routes et des
Bâtiments (2012, version 2016
consolidée)**

*CCT Qualiroutes : cahier des charges-
type. Catalogue des méthodes
d'essai. CME 53.10.*
Namur : SPW-DG01.

**Jendryka, W., Pariat, J.C. &
Robert, B. (2009)**

*Mesure de l'uni longitudinal des
chaussées routières et aéronautiques.*
Paris : LCPC. (Méthode d'Essais
LCPC (ME), 46) version 2.0.

**Sayers, M. W. & Karamihas, S. M.
(1998)**

*The little book of profiling : basic
information about measuring and
interpreting road profiles.*
Ann Arbor (USA) :
University of Michigan.

Piasco, J.-M. & Legeay, V. (1997)

*Estimation de l'uni longitudinal des
chaussées par filtrage du signal de
l'analyseur de profil en long.*
In : Traitement du signal, 14(1997)4,
p. 359-372. S.I. : GRETSI.

**Groupe de travail "Uni des
Chaussées Aéronautiques"
(2002)**

*Spécifications d'uni longitudinal sur
les couches de roulement neuves de
chaussées aéronautiques.*
Bonneuil-sur-Marne (France) :
Direction Générale de l'Aviation
Civile – Service Technique
des Bases Aériennes (STBA).
(Information Technique
STBA). ISBN 2-11-092410-1.

**Opzoekingscentrum voor de
Wegenbouw (1981)**

*Het waarden van het lengteprofiel
van wegen.*
Brussel : OCW. (OCW leaflet, N 14).

**Opzoekingscentrum voor de
Wegenbouw (1981)**

*Studie over de vlakheid van
wegdekken in langsrichting.*
Brussel : OCW. (Researchverslag,
RV 15/81).

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Instrumenten voor wegbeheerders

2 | Cartografie

Voor een heldere diagnose

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 2 Cartografie – Voor een heldere diagnose / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 12 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 2 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 2 – **Cartografie** Voor een heldere diagnose

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

✓ PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

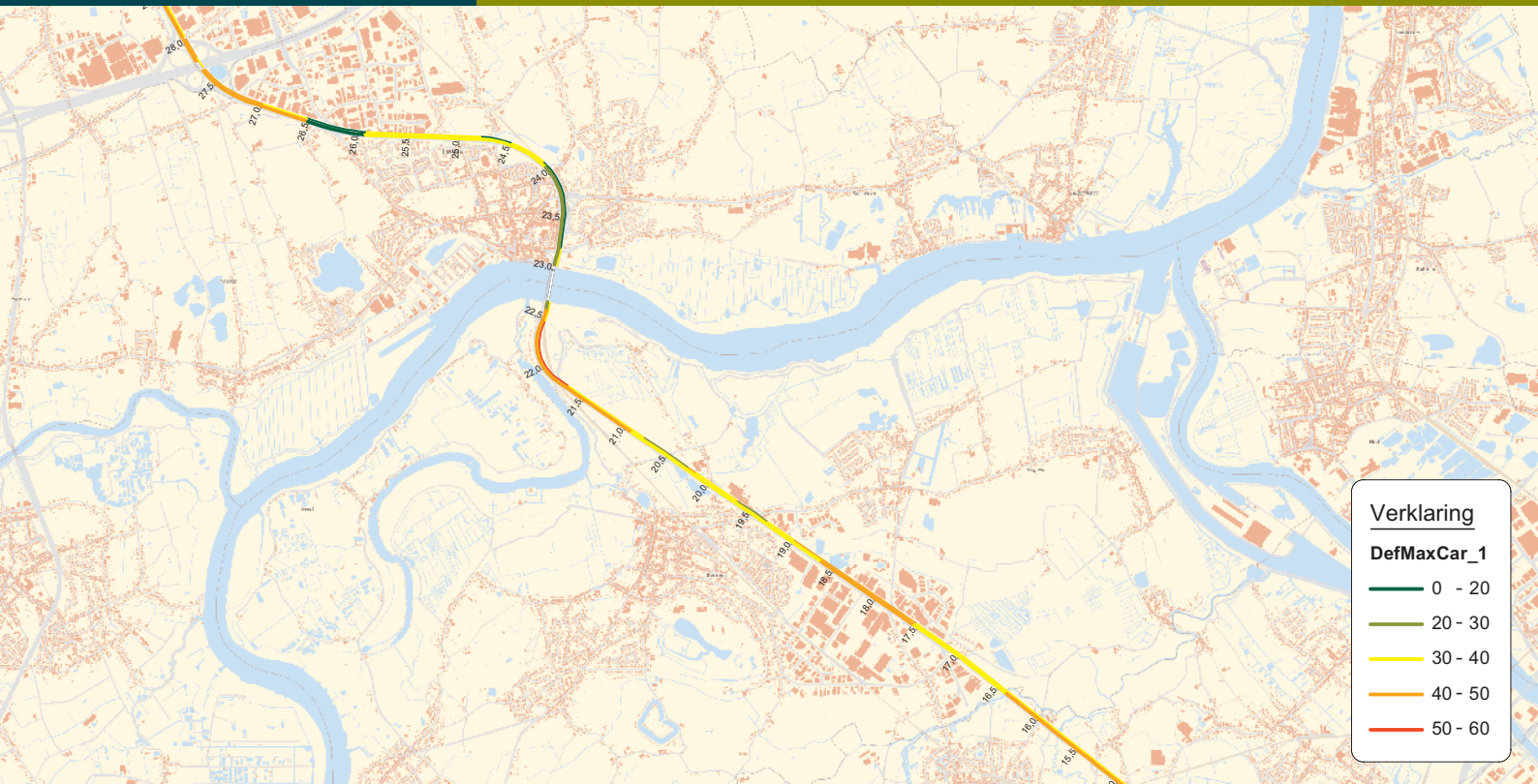
✓ WEGOPPERVLAK

✓ WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Jeremy Delhière: +32 10 23 65 21;
j.delhiere@brrc.be



2 | Cartografie Voor een heldere diagnose

Doel

De uitspraak van Napoleon dat een goede tekening meer vertelt dan een lange redevoering vat het doel van de cartografie uitstekend samen.

Als de resultaten van metingen met FWD (*Falling Weight Deflectometer* – valgewichtdeflectiemeter) of andere meetvoertuigen correct visueel in kaart worden gebracht, scheidt cartografie inderdaad snel een verhelderend beeld van een (al of niet problematische) gegeven situatie.

Werkingsprincipe – Methodiek

De huidige stand van de technologie biedt twee methoden om meetgegevens in kaart te brengen. Ze kunnen eventueel complementair worden toegepast.

- De eerste methode steunt op de alom bekende **gps-technologie** (*Global Positioning System*).

Tijdens de metingen registreert een gps-module aan boord de juiste positie van het meetvoertuig, hetzij constant (bijvoorbeeld om de paar seconden), hetzij enkel na een aanzet of zogenoemde trigger (bijvoorbeeld wanneer de visuele inspecteur een shadebeeld toevoert tijdens een APL-meting).

Deze methode wordt ook toegepast voor de lokalisatie van beelden bij *mobile mapping*.

- De tweede methode steunt op de **linear referencing-technologie**.

Deze technologie is minder bekend bij een ruim publiek, maar wordt in de wegenbouwkundige cartografie courant toegepast. Het is een referentiesysteem waarbij elementen worden

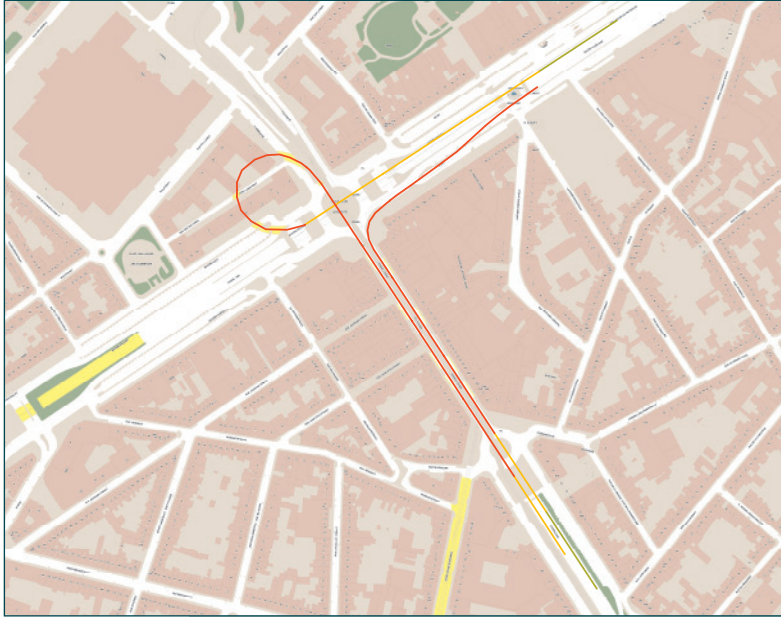
gelokaliseerd door middel van metingen langs een lijnvormig element met behulp van een hodometer. Een hodometer registreert de afstand tussen het begin- en eindpunt van een meetgebied op een aslijn. Voor gewestwegen zijn de kilometerpalen (KP's) de ijkpunten. De meetgegevens van de hodometer worden gekruist met de KP-afstanden van een referentienetwerk en zo in kaart gebracht.

Voor wegen zonder KP's (bijvoorbeeld gemeentewegen) wordt vooraf een nauwkeurig gelokaliseerd en bij voorkeur vast beginpunt (bijvoorbeeld een huisnummer, een verlichtingspaal) bepaald.

Bij elk van de voornoemde methoden wordt steeds een rapport in Excel-opmaak gegenereerd en bewaard, met vermelding van de positie (lengte- en breedtegraad of KP) en de meetgegevens voor elk voertuig.

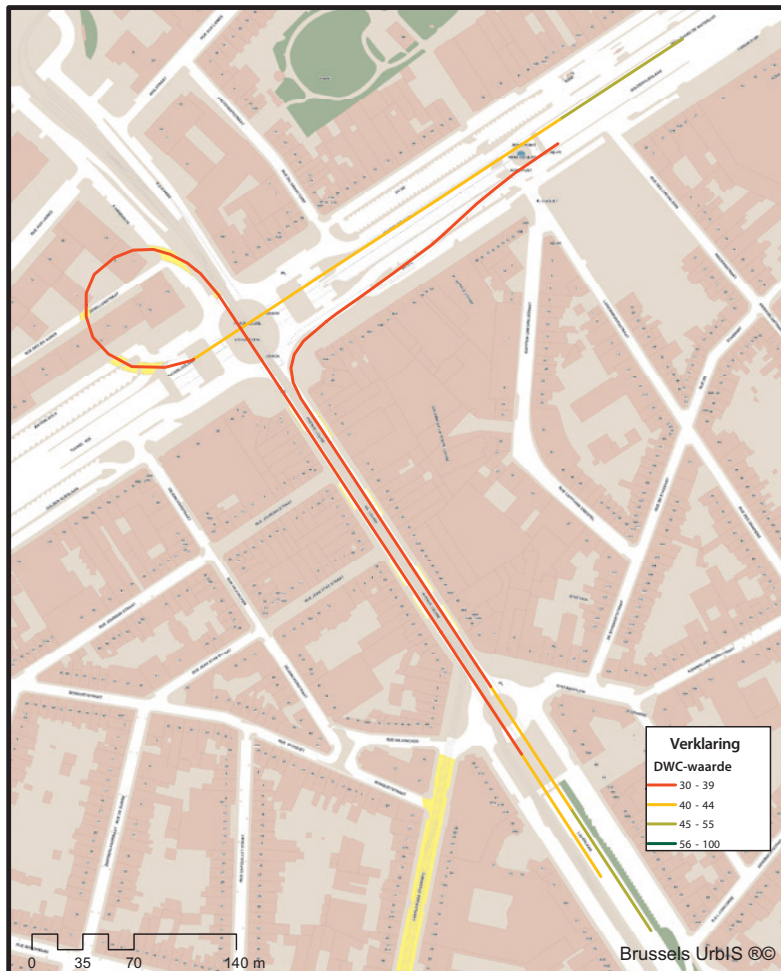
Deze alfanumerieke gegevens worden aan de cartografiesoftware toegevoerd voor verwerking tot resultaten in de vorm van:

- eenvoudige lokalisatie van meetgegevens (en verbonden beelden);
- themakaarten voor specifieke indicatoren;
- analyse van metingen in de tijd en de ruimte (in ontwikkeling).



OPZOEKINGSCENTRUM VOOR DE WEGENBOUW

Beproeverslag Stroefheid – Louiza-Stefanietunnel
 Meting van de dwarse wrijvingscoëfficiënt met odologiëraf
 volgens de werkwijze N.53.11 (C.T. 97.05(01))
 Correctie snelheid en temperatuur (20 °C)

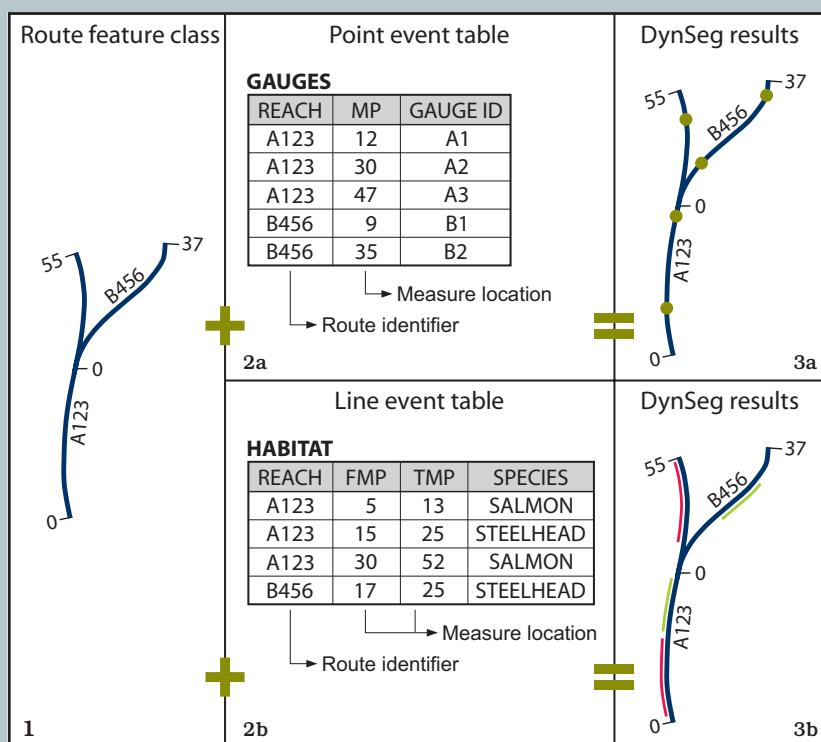


Resultaten

Lokalisatie van metingen (en verbonden beelden)

Actuele cartografiesoftware bevat functies om gps-coördinaten of aslijnen in kaart te brengen en er eventueel een of meer beelden mee te verbinden. Dat is een eenvoudige manier om te tonen waar de metingen hebben plaatsgevonden.

Voorbeeld voor de linear referencing-methode



Vertrekkend van een referentielijn met het wegnummer en KP's (1) en een tabel met puntsgewijze (2a) of lineaire (2b) incidenten kunnen de incidenten nauwgezet in kaart worden gebracht (3a, 3b).

Themakaarten voor specifieke indicatoren

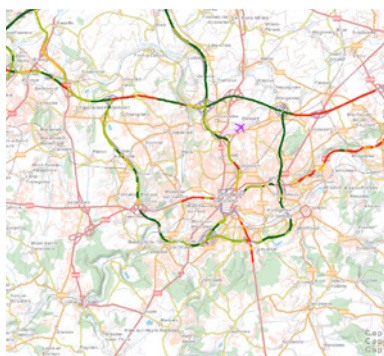
Actuele cartografiesoftware kan de alfanumerieke informatie voor meer dan eenvoudige lokalisatie van metingen benutten. Elk coördinaat verwijst immers naar een tabel met metingen (attributen van de tabel). In voorliggend geval is het doel specifieke indicatoren in kaart te brengen. De waarden van deze indicatoren zijn volgens bepaalde drempelwaarden in klassen ingedeeld. Elke klasse heeft een eigen kleur. Naargelang van de aard kan elk attribuut in de verbonden tabel van een lokalisatie door één of meer kleuren worden weergegeven

(discrete of continue gegevens), bijvoorbeeld rood voor wegen die met bepaalde apparatuur zijn onderzocht en groen voor wegen die met een andere soort van apparatuur zijn onderzocht. Er zijn oneindig veel mogelijkheden.

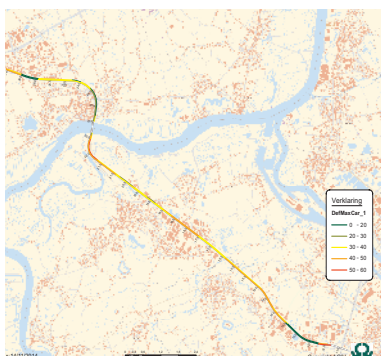
Analyse van metingen in de tijd en de ruimte

Een gestructureerde archivering van alle verzamelde gegevens is noodzakelijk. Ze kunnen dan op aanvraag voor specifieke doeleinden worden gekruist en in kaart worden gebracht. Dat kan gaan van het-in-kaart-brengen van alle onderzochte wegen tot complexere toepassingen om aan te geven op welke met voertuig X onderzochte weggedeelten de waarde van indicator Y boven of onder een bepaalde drempel ligt.

Voorbeelden van themakaarten



Globale index (I_g)



Karakteristieke maximale deflectie op een deel van de N16



Meting van de temperatuur van asfalt tijdens onderhoudswerkzaamheden in de haven van Antwerpen

Acceptatiegrenzen Prestaties

Beperkingen

Niet van toepassing.

Creatie van een toegevoegde waarde door toevoeging van gps. Voorbeelden: gps op GPR, IMAJBOX^(R) of meetrolstoel.

De gegevens moeten steeds gps-coördinaten (lengte- en breedtegraad) of afstandsmetingen ten opzichte van een bestaand net (KP's) of een vooraf bepaald punt bevatten.



Complementari- teit van de meetresultaten

Het visueel in kaart brengen maakt het mogelijk snel een verhelderend beeld van een gegeven situatie te scheppen. Het blijft echter een modellering van de werkelijkheid.

Deze modellering is complementair met voertuigmetingen maar vervangt ze geenszins. Voor meer details moet worden verwezen naar de oorspronkelijke ruwe gegevens op grond waarvan de visuele kaart is gerealiseerd (hoofdzakelijk Excelbestanden en -grafieken ad hoc).

De modellering is een logische aanvulling op lokaliseerbare kwantitatieve metingen. Ze biedt beleidsmakers de mogelijkheid hun keuzen te staven zonder in analytische details te hoeven treden.

Verwante technieken en methoden

Niet van toepassing.

Veiligheid – Signalering

Niet van toepassing.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	✓
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden	✓	✓
Fietspaden	✓	✓
Parkeervoorzieningen	✓	✓
Private wegen	✓	✓
Haventerreinen	✓	✓
Vliegveldbanen	✓	✓

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



Instrumenten voor wegbeheerders

3 | FPP

Meting van de langsvlakheid van fietspaden

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 3 FPP – Meting van de langsvlakheid van fietspaden / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 3 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 3 – **FPP** Meting van de langsvlakheid van fietspaden

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

✓ PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

✓ WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Yves Pollet: +32 10 23 65 40
y.pollet@brrc.be



3 | FPP

Meting van de langsvlakheid van fietspaden

Doel

Met een (fietspad)profilometer wordt het lengteprofiel van oppervlakken gemeten. De langsvlakheid is een belangrijke factor voor het comfort en de veiligheid van fietsers.

Werkingsprincipe – Methodiek

Een scooter met aanhangwagen rijdt met een constante snelheid van maximaal 30 km/h over het te onderzoeken fietspad.

Met de ingebouwde laser en accelerometer wordt om de 3 cm de afstand van de aanhangwagen tot het wegooppervlak geregistreerd. Met een gps-antenne en een hodometer worden ook de gps-coördinaten en de afgelegde afstand geregistreerd.

Uit de verwerkte gegevens van de accelerometer kunnen de verticale vervormingen (bulten en holten) van het wegprofiel als gevolg van oneffenheden in het wegooppervlak worden bepaald. De waarden worden uitgedrukt in mm. "Oneigenlijke" verticale bewegingen van de aanhangwagen (als gevolg van bewegingen van het geheel scooter-aanhangwagen, dynamische samendrukking van de banden, enz.) worden door de laser gecorrigeerd, zodat ze de meetresultaten niet verstoren.

Uit de verkregen waarden kan het wegprofiel (eigenlijk het pseudoprofiel) worden bepaald (zie kromme 1 op figuur 4). Door een vastgesteld glijdend gemiddelde (kromme 2) op dat profiel toe te passen en de oppervlakte tussen de twee krommen te bepalen, wordt de waarde van de in België meest gebruikelijke vlakheidsindicator VC (vlakheidscoëfficiënt) verkregen. De berekeningswijze is dezelfde als voor APL-metingen (zie steekkaart 1 APL - Meting van de langsvlakheid van wegen).

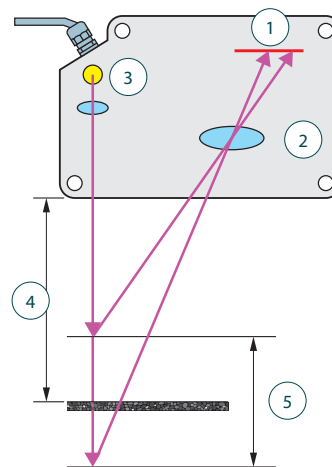
Met de bijbehorende software kan het gemeten lengteprofiel in een beeld worden omgezet (figuur 5).



1. Lasermeeteenheid met accelerometer
2. Pc met meetsoftware
3. Gps-antenne
4. Netwerkrouter
5. Batterijlader
6. Hodometer (om de afgelegde afstand te registreren)

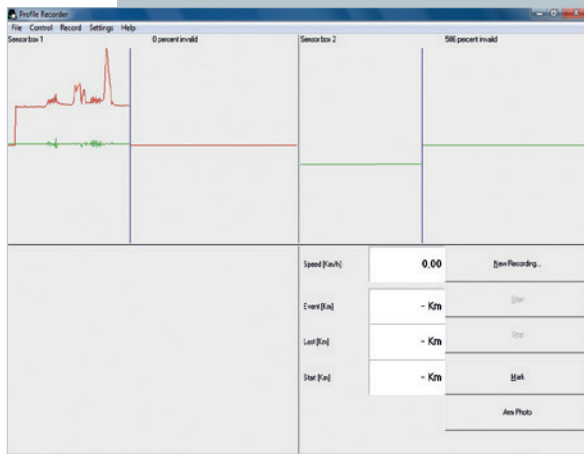


Figuur 1 – Ingebouwde FPP-apparatuur

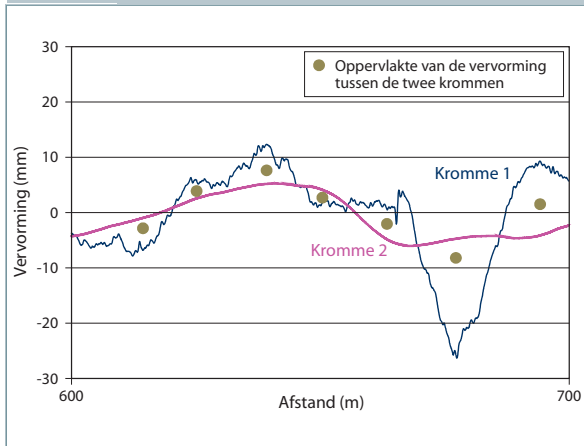


1. Positiegevoelige fotodetector (PSD – *Position-sensitive photo detector*)
2. Optische ontvanger
3. Halfgeleider laser en optische uitrusting
4. Afstand van de aanhangwagen tot het oppervlak
5. Meetbereik
6. Minimale meetwaarde
7. Maximale meetwaarde

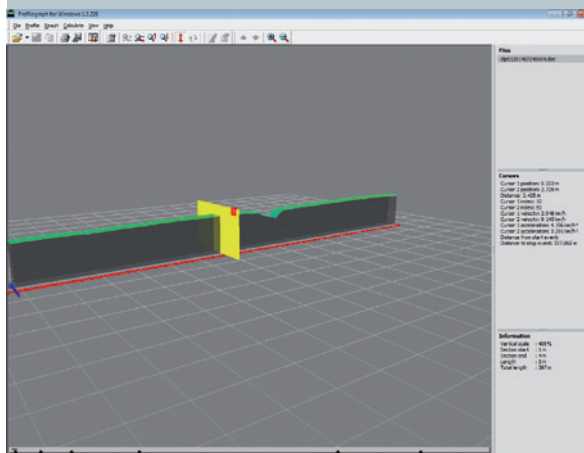
Figuur 2 – Meetprincipe van de laser (Selcom SLS5000)



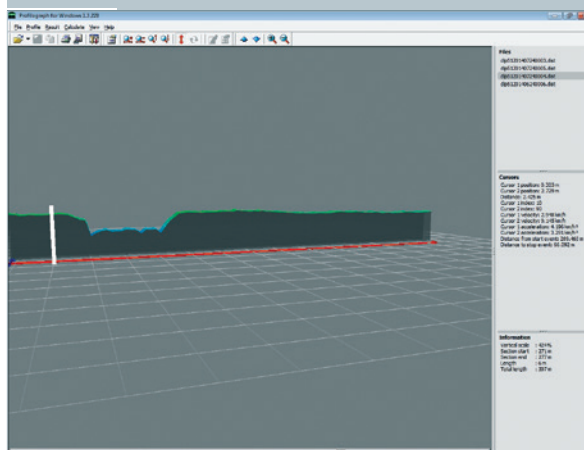
Figuur 3 – Signaal van accelerometer en laser



Figuur 4 – Detail van een blok van 100 m met een glijdend gemiddelde met een golfengte van 40 m



Figuur 5a



Figuur 5b – Voorbeelden van gemeten lengteprofiel, met software in beeld omgezet

Resultaten

Vlakheidscoëfficiënt $VC_{0,5}$ en $VC_{2,5}$

Uit het gemeten lengteprofiel kunnen de vlakheidscoëfficiënt (VC) of andere vlakheidsindicatoren worden berekend. VC is de in België gebruikelijke indicator voor de vlakheid:

- $VC_{0,5}$ en $VC_{2,5}$ voor fietspaden;
- VC_{10} en VC_{40} voor wegen voor voertuigverkeer.

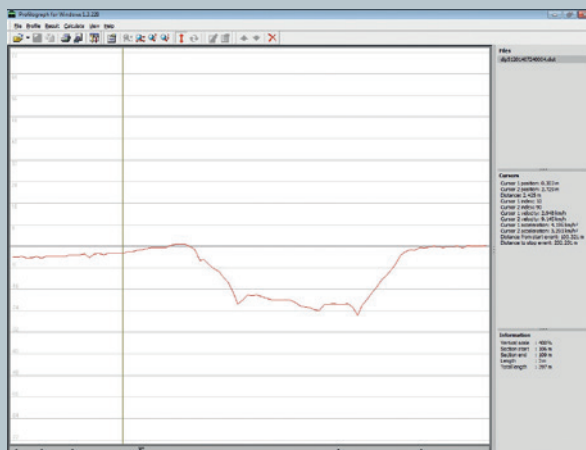
De resultaten worden in de vorm van een standaardrapport (figuur 6) weergegeven. Ook kunnen ze in Excelopmaak verder worden bewerkt.

Profile	Distance [m]	Velocity [m/s]	Acceleration	Displacement	Displacement	Rotation 1	Rotation 2	Laser 1 [mm]	Laser 1 valid	Latitude	Longitude	Height	GeoHeight	DOP	Satellites
Profile data	0.000	3.038	0.770	2.187	3.662	0.000	0.000	2.811	100.000	51.15912296	4.591676230	0.048	47.300	0.740	14
Header information	0.030	3.046	0.771	1.785	3.709	0.000	0.000	2.966	100.000	51.15912316	4.591676018	0.049	47.300	0.740	14
Event list	0.061	3.053	0.772	1.321	3.746	0.000	0.000	3.880	100.000	51.15912335	4.591675806	0.050	47.300	0.740	14
Roughness Coefficient	0.091	3.061	0.773	0.762	3.784	0.000	0.000	4.311	100.000	51.15912355	4.591675599	0.051	47.300	0.740	14
	0.121	3.064	0.770	0.185	3.819	0.000	0.000	4.940	100.000	51.15912375	4.591675381	0.052	47.300	0.740	14
	0.152	3.071	0.772	-0.353	3.853	0.000	0.000	5.138	100.000	51.15912394	4.591675170	0.053	47.300	0.740	14
	0.182	3.079	0.775	-0.783	3.886	0.000	0.000	5.419	100.000	51.15912414	4.591674957	0.054	47.300	0.740	14
	0.212	3.086	0.777	-1.055	3.914	0.000	0.000	5.613	100.000	51.15912433	4.591674746	0.055	47.300	0.740	14
	0.243	3.094	0.779	-1.249	3.942	0.000	0.000	6.259	100.000	51.15912452	4.591674535	0.056	47.300	0.740	14
	0.273	3.102	0.781	-1.332	3.964	0.000	0.000	5.737	100.000	51.15912472	4.591674324	0.057	47.300	0.740	14
	0.303	3.105	0.778	-1.312	3.983	0.000	0.000	6.077	100.000	51.15912492	4.591674112	0.058	47.300	0.740	14
	0.333	3.113	0.781	-1.223	3.998	0.000	0.000	6.033	100.000	51.15912511	4.591673902	0.059	47.300	0.740	14
	0.364	3.121	0.784	-1.030	4.018	0.000	0.000	5.394	100.000	51.15912531	4.591673690	0.060	47.300	0.740	14
	0.394	3.128	0.787	-0.764	4.040	0.000	0.000	5.357	100.000	51.15912550	4.591673477	0.061	47.300	0.740	14
	0.424	3.136	0.790	-0.493	4.064	0.000	0.000	4.495	100.000	51.15912570	4.591673265	0.062	47.300	0.740	14
	0.455	3.144	0.793	-0.230	4.085	0.000	0.000	4.782	100.000	51.15912589	4.591673054	0.063	47.300	0.740	14

Figuur 6 – Voorbeeld van standaardrapport

Gedetailleerder onderzoek

Voor gedetailleerder conditieonderzoek, bijvoorbeeld op projectniveau, kan de afstand tussen meetpunten tot enkele mm worden verkleind. Zo kunnen bijvoorbeeld ingezakte riooldeksels worden gedetecteerd (figuur 7).



Figuur 7 – De inzinking wijst op een verzakt riooldeksel

Acceptatiegrenzen

De vlakheidseisen zijn vastgelegd in de gewestelijke standaardbestekken. Voor standaardvlakheidsmetingen van fietspaden zijn $VC_{0,5}$ en $VC_{2,5}$ van toepassing.

Vlaams standaardbestek SB 250

In het Vlaamse standaardbestek is voor nieuw aangelegde fietspaden een specifieke eis vastgelegd die met de FPP kan worden gecontroleerd.

Individuele eisen voor de vlakheidscoëfficiënten bij machinale verwerking					
Kenmerk	Fietspaden	Snelheidsregime			
		> 80 km/h	> 60 km/h	> 40 km/h	≤ 40 km/h
$VC_{0,5}_{i,max}$	15	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
$VC_{2,5}_{i,max}$	45	25	40	45	45
$VC_{10}_{i,max}$	n.v.t.	50	80	90	n.v.t.
$VC_{40}_{i,max}$	n.v.t.	100	160	n.v.t.	n.v.t.

Individuele eisen voor de vlakheidscoëfficiënten bij manuele verwerking					
Kenmerk	Fietspaden	Snelheidsregime			
		> 80 km/h	> 60 km/h	> 40 km/h	≤ 40 km/h
$VC_{0,5}_{i,max}$	30	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
$VC_{2,5}_{i,max}$	90	50	80	90	90
$VC_{10}_{i,max}$	n.v.t.	100	160	180	n.v.t.
$VC_{40}_{i,max}$	n.v.t.	200	320	n.v.t.	n.v.t.

VC = vlakheidscoëfficiënt

n.v.t. = niet van toepassing

Standaardbestek CCT Qualiroutes en Standaardbestek van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

In deze standaardbestekken is geen specifieke eis voor gescheiden fietspaden vastgesteld.

Prestaties

Beperkingen

Meetnauwkeurigheid

Standaard worden om de 3 cm metingen opgeslagen (laser, accelerometer, gps-positie).

Voor gedetailleerder conditie-onderzoek, bijvoorbeeld op project-niveau, kan de afstand tussen meetpunten tot enkele mm worden verkleind.

Snelheid tijdens metingen

Dit meettoestel is ontwikkeld om de vlakheid van fietspaden te meten. De maximale rijsnelheid van de aanhangwagen bedraagt 30 km/h.

Omdat de maximale rijsnelheid van de aanhangwagen 30 km/h bedraagt, is het toestel niet geschikt voor vlakheidsonderzoek op auto(snel)wegen, waar hogere rijsnelheden gebruikelijk zijn.

Omdat de lasermetingen op een droog oppervlak moeten worden uitgevoerd, kunnen tijdens of vlak na regenbuien geen FPP-metingen worden verricht.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen		
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden	✓	✓
Fietspaden	✓	✓
Parkeervoorzieningen	✓	✓
Private wegen	✓	✓
Haventerreinen		
Vliegveldbanen		
Andere: zones met langzaam rijdende voertuigen (vorkheftrucks, enz.)	✓	✓

Complementari- teit van de meetresultaten

Net zoals voor de meeste apparatuur voor wegconditieonderzoek kan het voor de interpretatie van resultaten uit FPP-metingen of het plannen van geschikte maatregelen nuttig zijn deze aan de resultaten van andere technieken of methoden te toetsen:

- kernboringen (in kritieke weggedeelten);
- visuele inspectie.

Verwante technieken en methoden

- APL (*Analyseur de Profil en Long* – lengteprofielanalysator).
- Textuurmeting (*Mean Profile Depth* – MPD).
- Dwarsprofielmeting met meerdere lasers.
- Dwarsprofielmeting met roterende laser.

Veiligheid – Signalering

De FPP wordt voornamelijk op fietspaden ingezet. De aanhangwagen is uitgerust met de reglementaire signalering (zebrastrepen, enz.) voor mobiele bouwplaatsen van het gewest of land waar de metingen worden uitgevoerd (figuur 8).

Bij metingen op een weg met voertuigverkeer kan extra of andere aangepaste signalering vereist zijn.



Literatuur

**Vlaamse Overheid – Agentschap
Wegen en Verkeer (2019)**

Standaardbestek 250 voor de
wegenbouw [versie 4.1].

Hoofdstuk 6.

Brussel : AWV.

**Brussels Hoofdstedelijk Gewest
(2015)**

*TB 2015 : typebestek betreffende
wegeniswerken in het Brussels*

Hoofdstedelijk Gewest.

Brussel : Brussels Hoofdstedelijk
Gewest.

**Service Public de Wallonie –
Direction Générale
Opérationnelle des Routes et des
Bâtiments (2012, version 2016
consolidée)**

*CCT Qualiroutes : cahier des charges-
type. Catalogue des méthodes
d'essai. CME 53.10.*

Namur : SPW-DG01.

**Massart, T., Van Buylaere, A. &
Van Geem, C. (2014)**

*OCW schaft fietspadprofilometer
aan.*

In : OCW Mededelingen,
(2014)100. p. 7-8. Brussel : OCW.

Greenwood Engineering

LaserProf BikeLaneTrailer.

Brøndby (Denmark) :

Greenwood Engineering.

<https://www.greenwood.dk/>

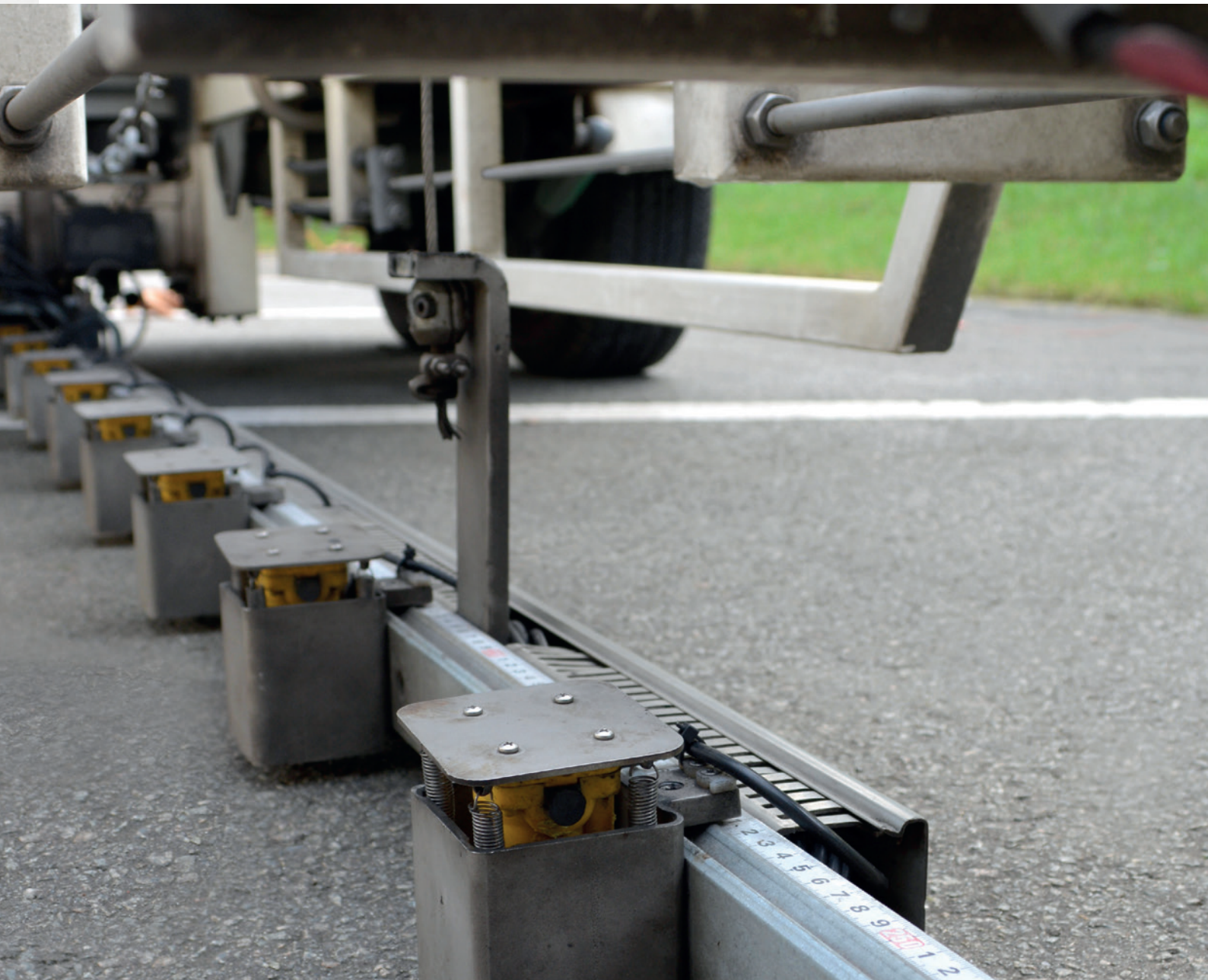
[laserprofbikelanetrailer.php](https://www.greenwood.dk/laserprofbikelanetrailer.php) Laatste
geraadpleegd op 29/03/2019.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



4

Instrumenten voor wegbeheerders

FWD

Meting van structurele kenmerken van wegen

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 4 FWD – Meting van structurele kenmerken van wegen / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 4 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 4 – **FWD** Meting van structurele kenmerken van wegen

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

✓ PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

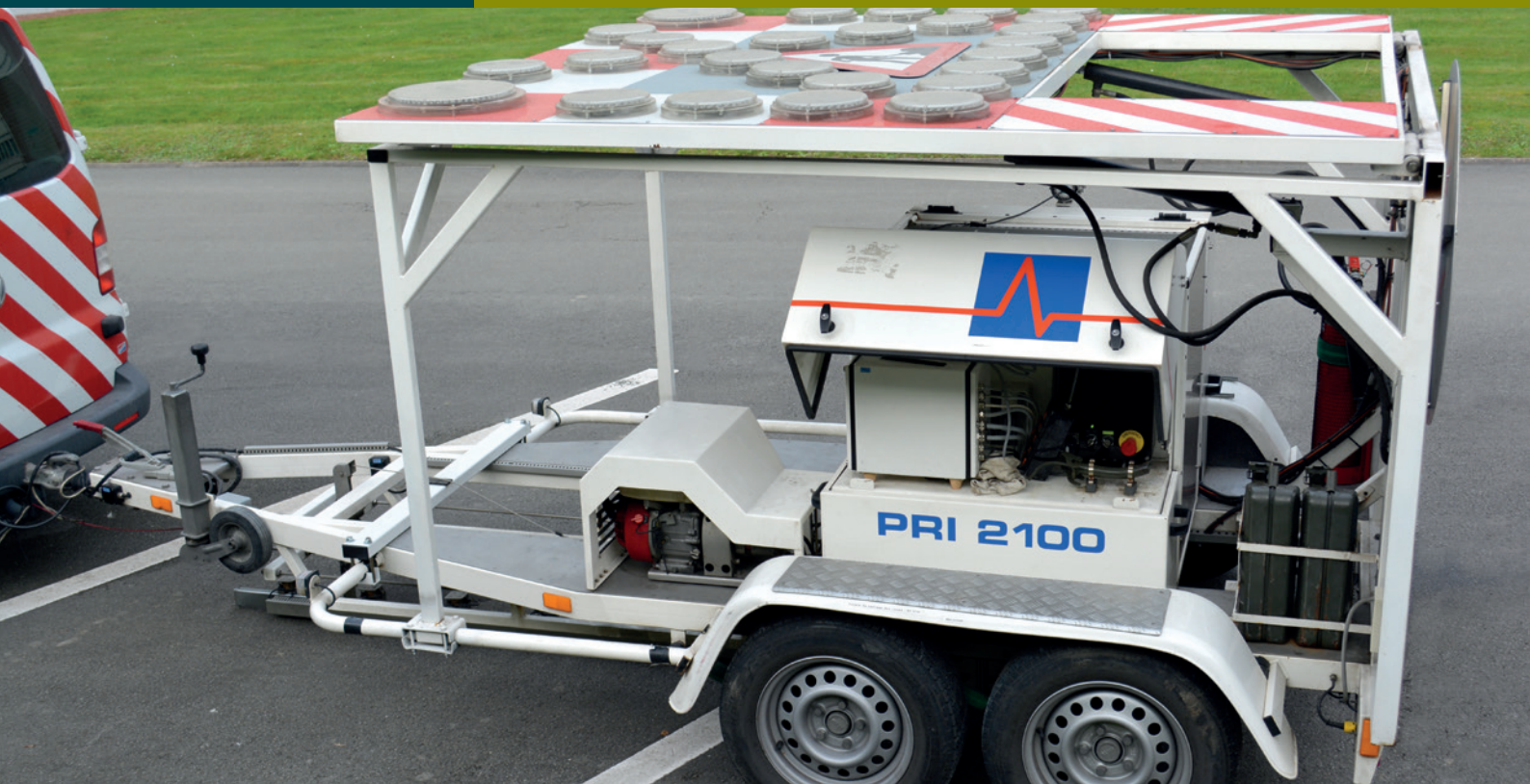
WEGOPPERVLAK

✓ WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Alain Van Buylaere: +32 10 23 65 42;
a.vanbuylaere@brrc.be



4 | FWD

Meting van structurele kenmerken van wegen

Doel

Onder druk vervormt een schuimblok. Als de druk wordt opgeheven, neemt het schuimblok opnieuw de oorspronkelijke vorm aan. De vervorming is evenredig aan de uitgeoefende druk. Dat bepaalt de stijfheid. Bij constante druk neemt de vervorming toe, maar neemt de stijfheid af. Die stijfheid kan worden gemeten, net zoals de stijfheid van wegen.

Onder invloed van (zwaar) verkeer buigt een wegdek licht door. Deze doorbuiging (deflectie) bedraagt slechts enkele honderdsten of duizendsten van een mm en is niet zichtbaar met het blote oog. Als de druk wordt opgeheven, neemt het wegdek opnieuw de oorspronkelijke vorm aan (elastische vervorming). Met de valgewichtdeflectiemeter (*Falling Weight Deflectometer* – FWD) kunnen de vorm (deflectiekromme) en de omvang (maximale deflectie) van de tijdelijke vervorming van het wegdek worden gemeten.

Deflectie geeft een beeld van het draagvermogen van een weg, namelijk of de wegconstructie sterk genoeg is om zonder vroegtijdige schade het geraamde aantal voertuigen tijdens de beoogde levensduur van de weg te dragen. Op basis van deze metingen kan bijvoorbeeld de restlevensduur van een weg worden geschat en kunnen homogene zones (met hetzelfde structurele gedrag) worden gedetecteerd.

Werkingsprincipe – Methodiek

Onder druk vervormen materialen. Door de drukkracht met de resulterende vervorming te verbinden, kan een materiaal worden gekenmerkt.

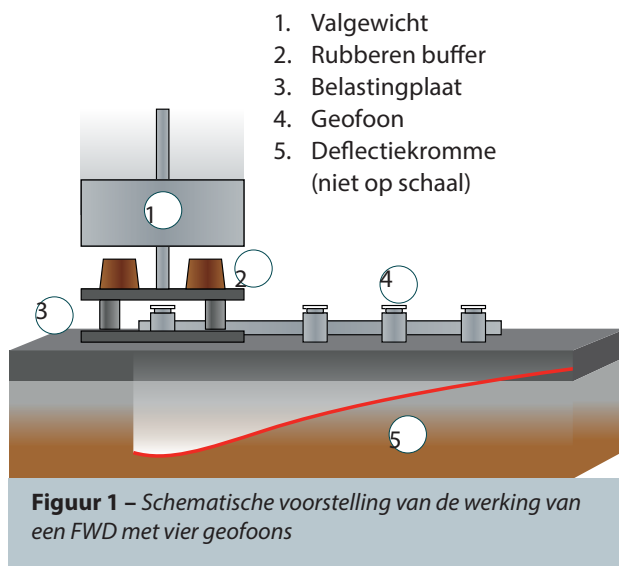
Vanuit een stilstaand voertuig (meestal in het rechterspoor of het midden van een rijstrook) wordt een valgewicht op een metalen schijf met een diameter van 30 cm op het wegdek neergelaten. Zowel het gewicht (enkele tientallen kg) als de hoogte zijn regelbaar. Gekalibreerde rubberen buffers boven de metalen schijf dempen de klap, om zo de geleidelijke belasting van het wegdek bij de passage van een zwaar voertuig met een snelheid van ongeveer 60 km/h te simuleren. De buffers helpen ook schade aan het oppervlak door de inslag vermijden. Bij het OCW-toestel registreren negen

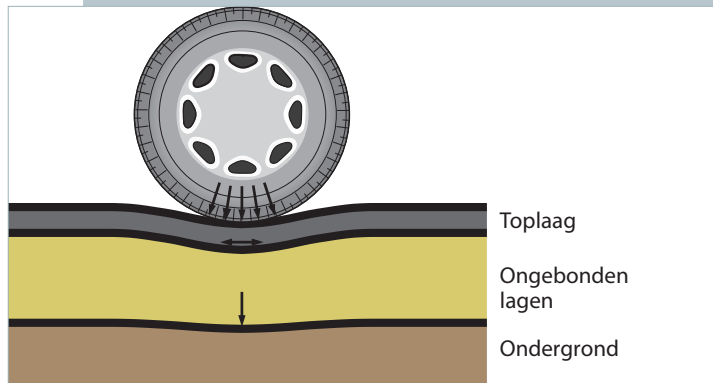
sensoren, zogenoemde *geofoons*, de tijdelijke vervorming van het wegdek. De eerste geofoon bevindt zich in het inslagcentrum. De acht andere sensoren zijn op vaste afstanden en steeds verder van het inslagcentrum opgesteld. De maximale afstand tot het inslagcentrum bedraagt 2,4 m. Een krachtcel boven de metalen schijf meet de werkelijke inslagkracht op het oppervlak. Uit die gegevens kan de deflectiekromme (vergelijkbaar met een golfdal) van het wegdek worden bepaald. Bij FWD-metingen gaat het eigenlijk om een halve deflectiekromme.

De vervorming van het wegdek is afhankelijk van de structurele kenmerken van de wegconstructie, het valgewicht, de valhoogte en de kenmerken van de rubberen

buffers. De operateur kan deze parameters laten variëren om het wegdek voor een bepaalde duur met een gecontroleerde druk te belasten, bijvoorbeeld een kracht van 65 kN en een duur van 25 ms.

Op figuur 4 is een tabel weergegeven met de kracht en de duur van de belasting voor verschillende combinaties van valgewicht en valhoogte, met dezelfde rubberen buffers.





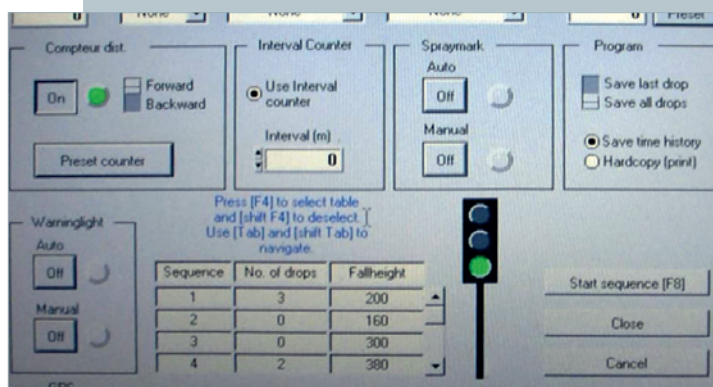
Figuur 3 – FWD-simulatie

2 Soft and 2 Hard Buffer.

Weight layer	Falling Height.				Max.
	100	200	300	400	
15	86/35	130/34	172/33	211/30	
13	79/33	121/32	156/30	190/29	
11	73/30	109/30	142/29	168/28	
9	71/28	101/27	126/27	149/27	
7	68/25	98/25	118/24	137/24	
5	65/22	93/22	114/22	128/21	
3	60/19	87/19	104/18	120/18	
2					

kN/mSek.

Figuur 4 – Tabel met de kracht en de duur van de belasting voor verschillende combinaties van valgewicht en -hoogte, met dezelfde rubberen buffers



Figuur 5 – Software-interface voor de besturing van de FWD tijdens metingen

Resultaten

Deflectiekromme

De gemeten waarden worden in een tabel in een tekstbestand (figuur 7) weergegeven en kunnen in een grafiek met een halve deflectiekromme worden uitgezet. Elke kromme wordt bepaald door evenveel punten als er geofoons in de FWD zijn (negen in het geval van het OCW-toestel).

In dit voorbeeld is de meting op 487 m van het begin van het wegvak uitgevoerd, met twee opeenvolgende inslagen (drops) op dezelfde plaats. De maximale deflectie bedraagt 116 μm . De verst van het inslagcentrum verwijderde geofoon (D(9)) registreerde een deflectie van 24 μm . De uitgeoefende druk bij een kracht van 65,32 kN bereikte 924 kPa. Het wegdek werd gedurende maximaal 26,24 ms belast (*pulse time*).

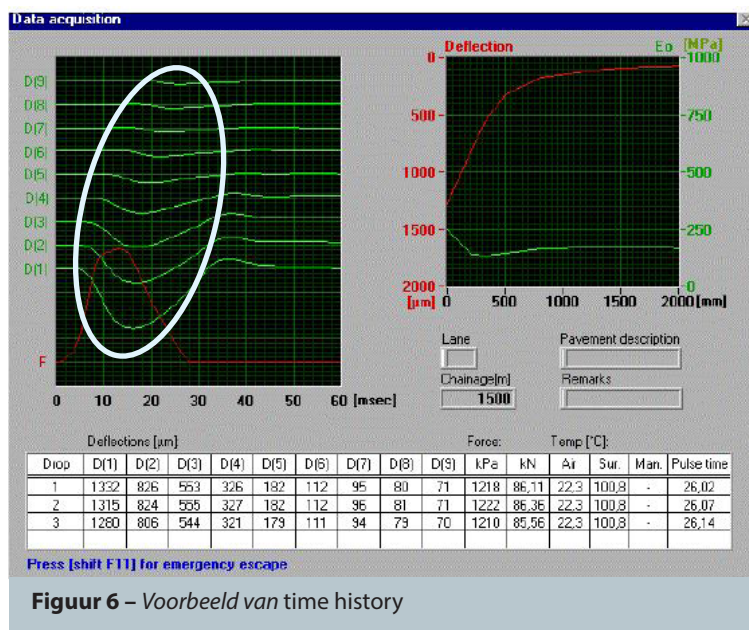
Time history van de geofoonsignalen

De *time history* is een binair bestand met voor elk meetpunt alle gedurende 60 of 120 ms (naar keuze) door de geofoon geregistreeerde signalen. Deze waarden kunnen in een grafiek worden uitgezet (figuur 6). Ze zijn ook zeer nuttig voor verder onderzoek naar bijvoorbeeld de spreiding van de energie in de verharding, het loskomen van lagen, enz.

Maximale deflectie en homogene zones

De FWD meet met behulp van geofoons de maximale deflectie in verschillende inslagpunten (doorgaans om de 50 m of 100 m) van een te onderzoeken weg(gedeelte). Op basis van die maximale deflecties (figuur 8) wordt de weg in homogene zones opgedeeld. Dat zijn wegvakken met zeer gelijkwaardige maximale deflectiewaarden of een statistisch "monotoon" gedrag.

De methode voor opdeling in homogene zones steunt op cumulatieve afwijkingen (figuur 9). Ze wordt aanbevolen en beschreven in het eindrapport van COST-actie 336.

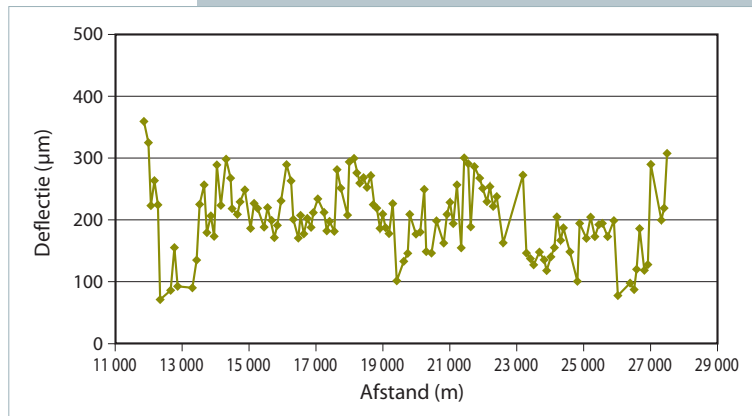


S2
Chainage[m]..... 487
Voie..... None
Revêtement..... None
Remarque..... None
Position of Drop: Longitude: Not Available, Latitude: Not Available, Altitude: Not Available

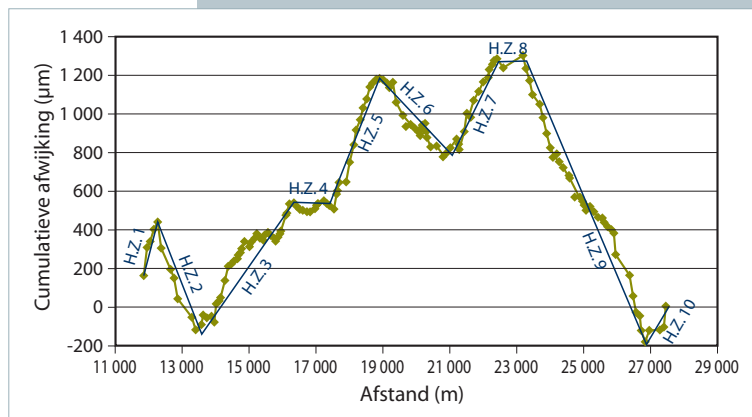
S3
Sequence: 1/1 No. of drops: 2 Fallheight: 110 Time: 10:58

Drop	D(1)	D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)	D(7)	D(8)	D(9)	kPa	kN	Air	Sur.	Man.	Pulse time
1	115	98	81	66	54	43	36	28	24	923	65,22	14,0	15,3	17,6	26,24
2	116	98	81	66	54	43	36	28	23	924	65,32	14,0	15,4	17,6	26,19

Figuur 7 – Voorbeeld van een tabel met geregistreeerde waarden



Figuur 8 – Maximale deflectie onder een belasting van 65 kN



Figuur 9 – Bepaling van homogene zones op basis van het principe afwijking vs. afstand

Acceptatiegrenzen

België

In België zijn geen eigenlijke acceptatiegrenzen vastgelegd. De meetresultaten moeten worden gelezen in het licht van de beoogde prestaties, bijvoorbeeld ten opzichte van het totale aantal zware voertuigen op de weg tijdens de gehele levensduur. Hierna worden enkele indicatieve waarden gegeven.

	Deflectie (1/100 mm)
Autosnelwegen	< 10
Nationale wegen met 1 en 2 cijfers	< 20
Andere wegen	< 40

Bij wijze van voorbeeld en bijzondere gevallen buiten beschouwing gelaten, kan uit de bovenstaande tabel worden afgeleid dat een autosnelweg met een maximale deflectie kleiner dan tien honderdsten van een mm een goede score haalt. Deze score steunt enkel op de stijfheid van de constructie en houdt geen rekening met andere analysegegevens.

Frankrijk

In Frankrijk zijn voor elke soort van wegconstructie (flexibel, halfstijf, stijf) tabellen vastgesteld, waarin deflectiegrenswaarden en verkeersklassen (D) met een score GOED, MATIG of SLECHT worden verbonden.

Klassen	≤ D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Karakteristieke deflectiegrenswaarden (1/100 mm)	0 - 44	45 - 74	75 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 299	≥ 300
Algemeen prestatieniveau als functie van de verkeersklasse							
T1 - T0	Goed	Matig	Slecht				
T3 - T2	GOED		MATIG		SLECHT		

Bron: **R. Kobisch**

Durabilité structurelle des chaussées: pathologie et entretien

Séminaire Sétra, LCPC, CFTR, 9 september 2008

http://media.lcpc.fr/ext/pdf/sem/2008_dscpe/2008_dscpe_kobisch_guide_reforcement_chaussees.pdf

Figuur 10 – Voorbeeld voor een flexibele wegconstructie

Prestaties

Algemeen

De FWD kan worden ingezet op alle soorten van wegconstructies (flexibel, halfstijf en stijf) en wegen.

Het toestel kan ook zeer precies op een bepaald punt van de weg worden opgesteld.

Snelheid tijdens metingen

Ongeveer 1,30 min per meetpunt, inclusief de verplaatsing naar het volgende meetpunt.

Gemiddeld dagrendement

Autosnelwegen: 15 tot 20 km, met een meetpunt om de 100 m.

Andere wegen: afhankelijk van het aantal, de lengte en de spreiding van de te onderzoeken weggedeelten, evenals van het aantal meetpunten voor elk weggedeelte.

Meetbereik en resolutie

Meetbereik gefoon: 0 à 2 200 μm .

Resolutie gefoon: 1 μm .

Weersomstandigheden

Uit technisch oogpunt kan de FWD in alle weersomstandigheden worden ingezet.

Het OCW beveelt aan dat de gemiddelde dagtemperatuur (van de lucht) gedurende enkele dagen voor de metingen niet lager dan 5 °C en niet hoger dan 25 °C is.

Beperkingen

- Een FWD levert standaard geen directe berekening van de kromtestraal af.
- Op projectniveau kan het interval tussen meetpunten aanzienlijk worden verminderd (bijvoorbeeld om de meter). Dat verlaagt echter sterk het dagrendement.



Complementari- teit van de meetresultaten

Net zoals een medische diagnose steunt een diagnose van de wegconditie bij voorkeur op meerdere analysefactoren.

Na een snelle verwerking van de gegevens leveren FWD-metingen interpreteerbare, concrete en bruikbare informatie (maximale deflectie en homogene zones) op.

Net zoals voor de meeste apparatuur voor wegconditieonderzoek kan het nuttig zijn de resultaten te toetsen aan die van andere technieken en methoden:

- GPR-metingen;
- kernboringen in elke homogene zone die door de FWD is gedetecteerd;
- terugberekeningen om de elasticiteitsmodulus van de lagen in een wegconstructie te schatten;
- berekening van de restlevensduur van een wegconstructie op basis van de karakteristieke deflectie van elke homogene zone.

Verwante technieken en methoden

- Benkelmanbalk.
- Lacroixdeflectograaf.
- TSD (*Traffic Speed Deflectometer*).
- Dynaplaque.
- Déflectomètre à masse tombante légère (*Light Falling Weight Deflectometer – LFWD*).
- RAPTOR.

Veiligheid – Signalering

In België zijn de minimale gewestelijke maatregelen voor signalering van een mobiele bouwplaats van categorie 6 van toepassing.

Op autosnelwegen en wegen met tweemaal twee rijstroken beveelt het OCW aan de FWD te laten volgen door twee obstakelbeveiligers, op een afstand van respectievelijk enkele tientallen meters en 100 m.

Application

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	✓
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen	✓	✓
Private wegen	✓	✓
Haventerreinen	✓	✓
Vliegveldbanen	✓	✓

Literatuur

Van Geem, C. (2017)

Influences of measurement conditions on structural indicators obtained from FWD data.

In : Proceedings of the 10th international conference on the bearing capacity of roads, railways and airfields (BRRCA 2017), Athens, June 28-30, 2017. p. 573-578. Boca Raton (USA) : CRC Press. ISBN 978-1-13-829595-7.

Van Geem, C. & Grégoire, C. (2013)

Rehabilitation of roads containing cobblestone pavements covered with a bituminous layer.

In : Proceedings of the 9th international conference on the bearing capacity of roads, railways and airfields; Trondheim, Norway, June 25-27, 2013. 10p. S.l. : Akademinska Publishing.

Van Geem, C., Nigro, P. & Berlémont, B. (2015)

The use of deflection measurements in pavement management of the primary road network of Wallonia, Belgium.

In : Proceedings of the 9th international conference on managing pavement assets (ICMPA9), Alexandria, USA, May 18-21, 2015. 13p. Blacksburg (USA) : Virginia Polytechnic Institute and State University – Transportation Institute.

Perez, S. & Van Geem, C. (2010)

Evaluation by FWD and faultimeter of concrete slabs stability.

In : The answer to new challenges : abstracts of the 11th international symposium on concrete roads, Sevilla, October 13-15, 2010. 11p. Brussels : EUPave.

Perez, S. & Van Geem, C. (2010)

FWD on concrete roads : load transfer efficiency, faulting and bearing capacity.

In : Structural condition assessment : papers & presentations of the 6th European FWD User Group meeting, Sterrebeek, June 10-11, 2010. 4p. Brussels : Belgian Road Research Centre (BRRC).

Perez, S., Beeldens, A., Maeck, J., Van Geem, C., Vanelstraete, A., Degrande, G. Lombaert, G. & De Winne, P. (2009)

Evaluation à l'aide du FWD et du faultimètre des stabilisations de dalles en béton.

In : 21ième congrès belge de la route 2009, Gent, septembre 22-25, 2009. 10p. Bruxelles : Association Belge de la Route (ABR).

Van Geem, C., Pilate, O. & David, O. (2009)

Un cas pratique : l'évaluation en fonction des performances attendues, d'un projet de réhabilitation d'un parking et de la voirie d'une station service autoroutière.

In : 21ième congrès belge de la route 2009, Gent, septembre 22-25, 2009. 10p. Bruxelles : Association Belge de la Route (ABR).

Van Geem, C. & De Myttenaere, O. (2009)

The premature failure of slab pavements at heavily trafficked industrial sites.

In : Proceedings of the 8th international conference on the bearing capacity of roads, railways and airfields (BCR2A'09), Urbana-Champaign, USA, June 29-July 2, 2009. p. 963-972. Abingdon (UK) : Taylor & Francis.

Kobisch, R. (2008)

Durabilité structurelle des chaussées : pathologies et entretien : guide technique diagnostic et conception des renforcements de chaussées.

In : Séminaire Sétra, LCPC, CFTR, septembre 9, 2008.

European Commission – Directorate General Transport (1997)

COST 325 : new road monitoring equipment and methods : final report of the action.

Brussels : EC. ISBN 978-92-8280-307-3.

European Commission – Directorate General Transport (2005)

COST 336 : use of falling weight deflectometers in pavement evaluation : final report of the action.

Brussels : EC. second edition.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



Instrumenten voor wegbeheerders

5 | GPR

Radiografie van wegconstructies

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 5 GPR – Radiografie van wegconstructies / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 5 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 5 – **GPR** Radiografie van wegconstructies

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

✓ PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

WEGOPPERVLAK

✓ WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

*Tim Massart: +32 10 23 65 53;
t.massart@brrc.be*



5 | GPR

Radiografie van wegconstructies

Doel

Metingen met grond- of georadar (*Ground-Penetrating Radar* – GPR) worden verricht om snel en op niet-destructieve wijze informatie over de opbouw van een wegconstructie te verzamelen. De gegevens dienen naderhand op passende wijze verwerkt en zorgvuldig geïnterpreteerd te worden. Zo is het mogelijk laagdikten te schatten, onvolkomenheden te detecteren en de homogeniteit in een wegconstructie te beoordelen.

Werkingsprincipe – Methodiek

De grond- of georadar (*Ground Penetrating Radar – GPR*) is een instrument voor niet-destructief onderzoek, dat steunt op de voortplanting en terugkaatsing van hoogfrequente elektromagnetische golven (20 MHz tot 3 GHz). Dit instrument reageert op elektromagnetische variaties in de omgeving (permittiviteit, geleidingsvermogen en magnetische gevoeligheid). De techniek wordt onder meer aangewend in de geologie (voor detectie van grond- of moedergesteente, specifieke geologische formaties, breuken, karstfenomenen, enz.), in de archeologie (om verborgen archeologische vindplaatsen in kaart te brengen), in de hydrogeologie (om het grondwaterpeil te bepalen en verontreinigde zones op te sporen), bij civieltechnische werkzaamheden (voor conditieonderzoek van kunstwerken, gebouwen, wegen, enz.), en zelfs bij strafrechtelijk onderzoek (om stoffelijke resten op te sporen).

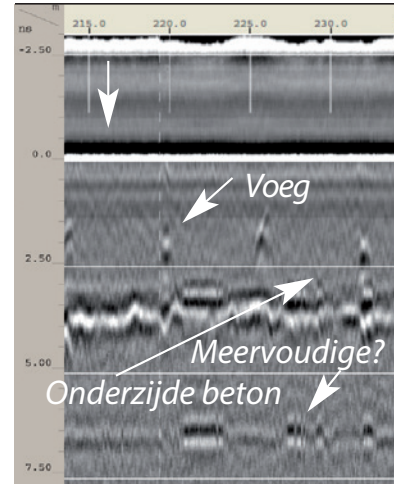
Deresolutie en de onderzoeksdiepte hangen van de gebruikte golfrequentie af.

Radarsystemen zijn in te delen in grondgekoppelde en luchtgekoppelde antennes. Grondgekoppelde antennes kenmerken zich door een direct contact tussen antenne en grond. Ze maken nauwkeurig onderzoek over een beperkte afstand mogelijk. Luchtgekoppelde antennes zenden hun signaal eerst door de lucht. Ze kunnen worden ingezet voor metingen over grotere afstanden bij een hogere voortgangssnelheid en zijn bijzonder geschikt voor wegonderzoek. Een GPR-toestel met luchtgekoppelde antenne wordt op ongeveer 50 cm boven het wegoppervlak op een drager aan het meetvoertuig opgehangen. Het toestel bevindt zich op voldoende afstand van het meetvoertuig om interferenties met het stalen

koetswerk te vermijden (figuur 2). Op figuur 3 is het principe van de radartechniek voor wegonderzoek schematisch weergegeven.

Een antenne zendt elektromagnetische golven met een frequentie van 0,02 tot 3 GHz naar de wegverharding, waar ze zich in de diepte voortplanten. Bij voldoende grote diëlektrische contrasten wordt een deel van het uitgezonden signaal teruggekaatsd door het wegoppervlak en het contactvlak tussen de lagen in de constructie. Concreet zal, als een golf op een laag stoot waarvan de fysische kenmerken verschillen van die van de voorgaande laag, een deel van de energie van de golf worden teruggekaatsd naar het wegoppervlak. De tijd tussen verzenden en ontvangen wordt uitgedrukt in nanoseconden (ns). Zolang de golf over voldoende energie beschikt om een leesbaar signaal terug te kaatsen, wordt dit proces herhaald.

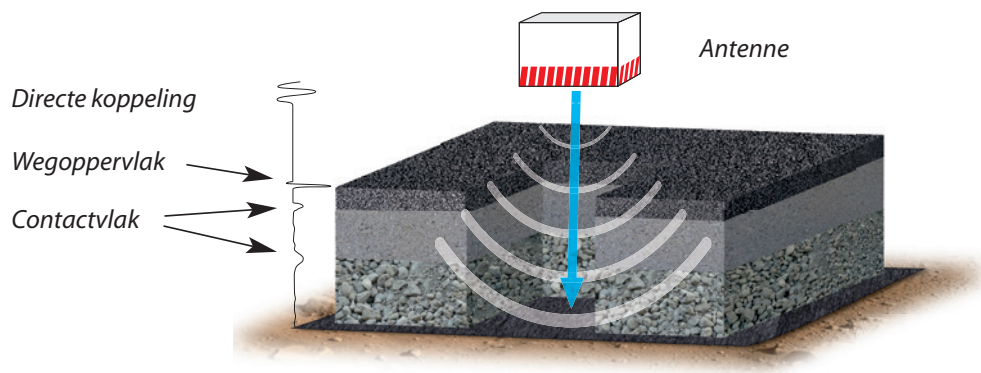
Als de elektrische kenmerken (elektrische geleiding en diëlektrische constante) van de verschillende lagen in de wegconstructie bekend zijn, is ook de voortplantingssnelheid van de elektromagnetische golf in elk van de lagen bekend. Door de tijd tussen het verzenden en ontvangen te meten, kan de dikte van elke laag eenvoudig worden berekend.



Figuur 1 – Radarprofiel en een op dezelfde locatie geboorde kern



Figuur 2 – GPR-uitrusting van het OCW

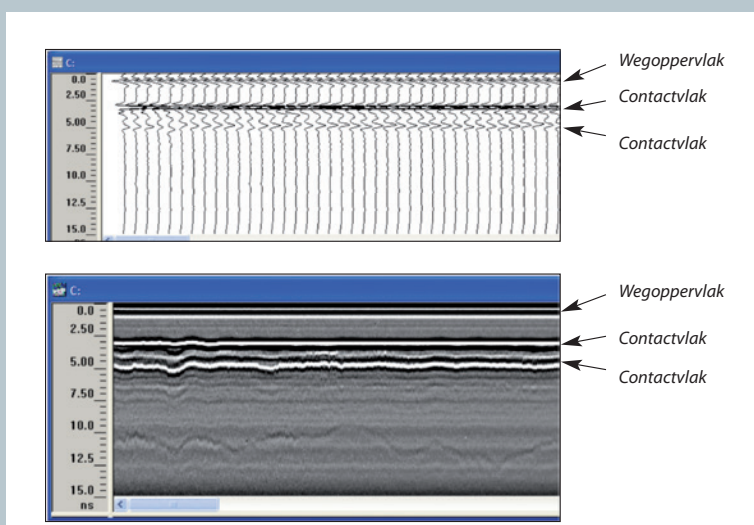


Figuur 3 – Schematische voorstelling van de werking van de radar

Resultaten

Schatting van laagdikten en beoordeling van homogeniteit

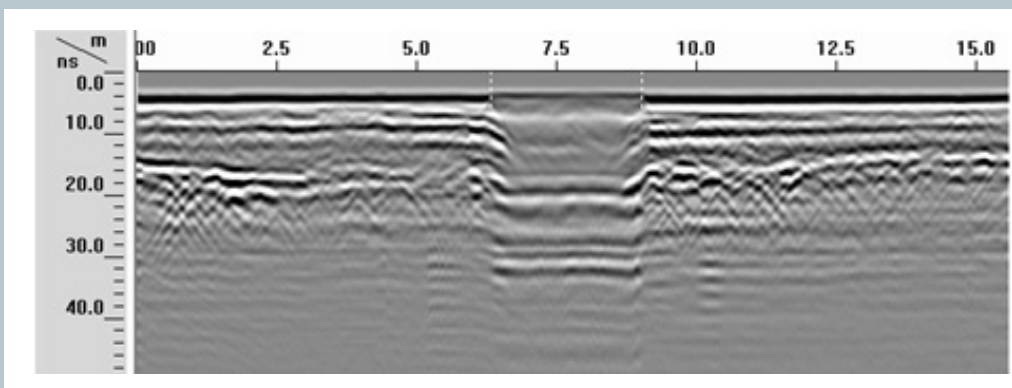
De meetresultaten worden weergegeven in de vorm van golven en/of monochromatische beelden waarop de overgang tussen materialen met verschillende fysische kenmerken zichtbaar is.



Figuur 4 – Radarbeelden: golfweergave (zogenoemde wiggle trace – bovenaan) en kleurweergave (onderaan)

De visuele weergave van de gegevens in de vorm van golven (de zogenoemde *wiggle trace* – figuur 4 bovenaan) stelt de individuele signalen verticaal voor, waarbij positieve en negatieve amplitudes worden onderscheiden. De andere voorstelling (figuur 4 onderaan) verbindt een kleurenschaal aan de amplitudes (van zwart naar wit, voor respectievelijk minimale en maximale amplitudes). Deze laatste voorstellingswijze is geschikter bij een hoog aantal geregistreerde signalen.

Een dergelijke analyse wordt geregeld verricht om zones met een homogene opbouw te detecteren.



Figuur 5 – Radarbeeld van een weggedeelte met een gerepareerde zone

Nauwkeurige bepaling van laagdikten

Nauwkeurige bepaling van laagdikten is enkel mogelijk als het materiaal van elke gedetecteerde laag met zekerheid bekend is.

Acceptatiegrenzen

Er zijn geen eigenlijke acceptatiegrenzen vastgelegd. De informatie van grondradar moet worden beoordeeld naargelang van het beoogde doel (bepaling van laagdikten, detectie van homogene zones, onvolkomenheden of ondergrondse kabels en leidingen) en in combinatie met andere diagnosetechnieken.



Figuur 6 – Lucht- en grondgekoppelde antennes van het OCW



Figuur 7 – Grondradarmeting op de weg om plaatselijke probleemzones te detecteren

Prestaties

Onderzoeksdiepte

De onderzoeksdiepte is afhankelijk van de aard van de materialen waaruit het weglichaam is opgebouwd, evenals van het vermogen en de golffrequentie van de zendantenne:

- luchtantenne van 2 GHz = ± 0,4 m;
- luchtantenne van 1 GHz = ± 1,0 m;
- contactantenne van 2,6 GHz = ± 0,3 m;
- contactantenne van 2,0 GHz = ± 0,4 m;
- contactantenne van 900 MHz = ± 1,0 m;
- contactantenne van 400 MHz = ± 2,0 m.

Snelheid tijdens metingen

Metingen met luchtantennes worden rijdend verricht, met een maximale snelheid tot ongeveer 90 km/h. Voorgewoon onderzoek is dat ongeveer 50-70 km/h. De snelheid hangt van de meetnauwkeurigheid af: hoe hoger de snelheid, hoe lager het aantal meetpunten per afgelegde meter.

Metingen met contactantennes worden stapvoets uitgevoerd.

Beperkingen

- Bij GPR-metingen op wegconstructies met doorgaand gewapend beton wordt een groot deel van de energie weerkaatst door de wapening. Om de laagdikten nauwkeurig te kunnen bepalen, moeten meer metingen worden verricht – bij voorkeur met GPR met grondgekoppelde antenne. De diepte en de afstand tussen de wapeningen kunnen wel nauwgezet worden bepaald.
- GPR-metingen leveren geen kwantitatieve informatie in de zin van effectieve laagdikten, maar enkel kwalitatieve informatie (een schatting van de laagdikten). Voorzichtigheid is steeds geboden want voordat de gegevens zijn verwerkt,

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	✓
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden	✓	✓
Fietspaden	✓	✓
Parkeervoorzieningen	✓	✓
Private wegen	✓	✓
Haventerreinen	✓	✓
Vliegveldbanen	✓	✓
Andere: - detectie van ondergrondse leidingen en kabels; - inspectie van kunstwerken.		✓

Complementari- teit van de meetresultaten

Verwante technieken en methoden

kunnen twee materialen met verschillende kenmerken en laagdikten schijnbaar dezelfde dikte vertonen.

- Gegevens uit GPR-metingen dienen op passende wijze verwerkt en zorgvuldig geïnterpreteerd te worden. De ervaring met het toestel en de gegevensverwerking zijn dan ook van essentieel belang.

Net zoals voor de meeste apparatuur voor wegconditieonderzoek kan het nuttig zijn de resultaten uit GPR-metingen te toetsen aan die van andere technieken of methoden:

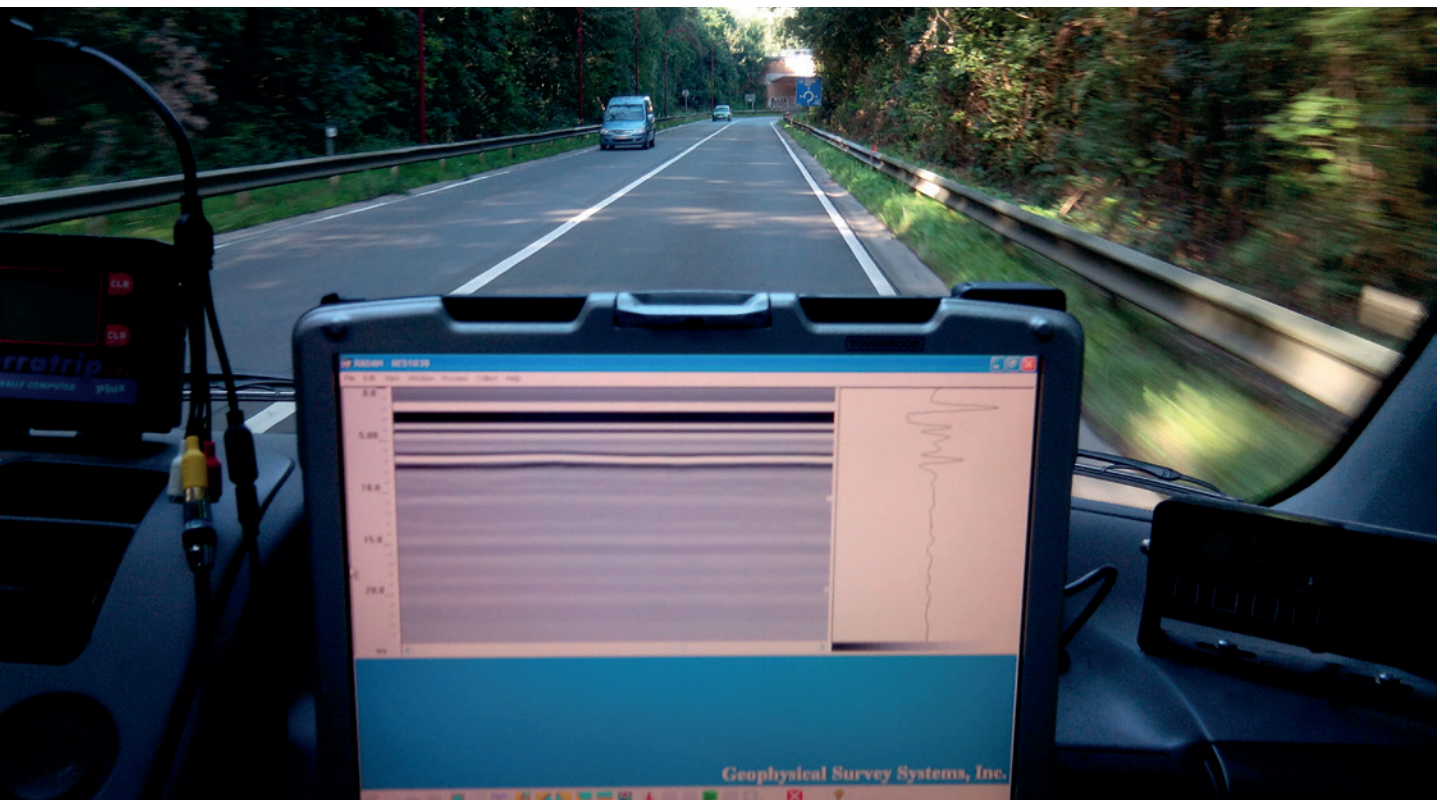
- kernboringen;
- meting van de tijdelijke vervorming van wegconstructies onder verticale belasting met FWD (*Falling Weight Deflectometer* – valgewichtdeflectiometer), Benkelmanbalk, Lacroixdeflectograaf, enz.

- Driedimensionale grondradar (3D GPR).
- Tomograaf.
- Gammadichtheidsmeter.

Veiligheid – Signalering

Het voertuig waaraan het GPR-toestel wordt opgehangen, is goed zichtbaar en uitgerust met de reglementaire signalering (zebrastrepen, zwaailicht, enz.) van het gewest of land waar de metingen worden verricht. Extra maatregelen zijn meestal niet nodig omdat de snelheid tijdens de uitvoering met die van de andere weggebruikers overeenstemt.

Voor metingen met contactantennes, die stapvoets worden uitgevoerd, is het noodzakelijk het te inspecteren weggedeelte af te sluiten met signalering die conform de lokaal geldende veiligheidsrichtlijnen is.



Literatuur

Grégoire, C. & Van Geem, C. (2013)

OCW stelt grondradaractiviteiten voor op IWAGPR 2013.

In : OCW Mededelingen, (2013)96. p. 13-15. Brussel : Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW).

Finnish Transport Agency, Swedish Transport Administration & Norwegian Road Administration (2011)

Recommendations for guidelines for the use of GPR in road construction quality control.

Brussels : European Commission (EC).

Jol, H.M. (ed.) (2009)

Ground penetrating radar : theory and applications.

Amsterdam : Elsevier. ISBN 978-0-444-53348-7.

Belgian Road Research Centre (2016)

Methodologies for the use of ground-penetrating radar in road condition surveys.

Brussels : BRRC. (Method of Measurement, ME 91/16).

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (2018)

Ontwikkeling van de grondradar-techniek voor wegconditieonderzoek.

Brussel : OCW.

(Researchverslag, RV 46).

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



Instrumenten voor wegbeheerders

6 | SKM

Meting van de stroefheid van wegen

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Newsletter en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 6 SKM – Meting van de stroefheid van wegen / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 6 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 6 – **SKM** Meting van de stroefheid van wegen

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

✓ PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

✓ WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Tim Massart: +32 10 23 65 53

t.massart@brrc.be



6 | SKM

Meting van de stroefheid van wegen

Doel

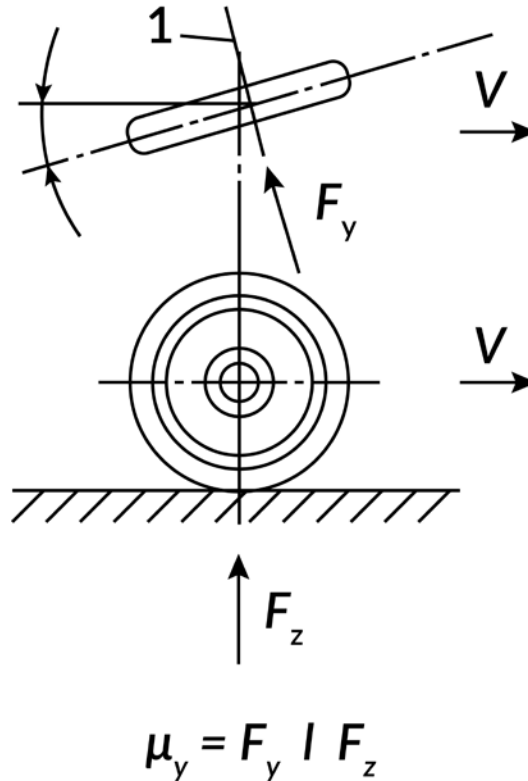
Met de SKM wordt de stroefheid (gladheid) van een wegoppervlak gemeten. De stroefheid is een belangrijke factor voor de veiligheid van de weggebruikers.

Werkingsprincipe – Methodiek

De SKM is een meettoestel dat in Duitsland werd ontwikkeld en meet de dwarswrijvingscoëfficiënt.

Een tankwagen is uitgerust met een vijfde wiel met een speciaal ontworpen gladde band (een smal wiel (3 x 20") zonder profiel dat lijkt op een wiel van een motorfiets) waarvan de kenmerken bekend zijn. Tijdens de meting wordt vóór het meetwiel een waterlaag van 0,5 mm dik gespreid om de stroefheid van een nat wegdek te simuleren. Het meetwiel is vrij opgehangen om niet door de bewegingen van de tankwagen te worden beïnvloed. Het wordt belast met verticale kracht van $(1\ 960\text{N} \pm 10\text{N}) F_z$ (figuur 1) en ondervindt een remmende kracht (zijdelingse kracht F_y). Voor de meting van de reactiekracht wordt het wiel schuin (onder een drifhoek van 20°) op de rijrichting opgesteld. Op de wielnaaf is een krachtsensor bevestigd om de kracht van de wrijving van het wiel op het wegoppervlak te meten. De verhouding tussen de verticale kracht F_z en de zijdelingse kracht F_y wordt uitgedrukt in een nominale waarde tussen 0 en 1 (de dwarse wrijvingscoëfficiënt – DWC).

De dwarse wrijvingscoëfficiënt is dus de waarde voor de stroefheid van een verhardingsoppervlak in de dwarsrichting van een weg, uitgedrukt als de verhouding tussen kracht (F_z) loodrecht op het draaiingsvlak van een wiel en de normale reactiekracht (F_y) van het wegoppervlak onder de last van dat wiel.



Figuur 1 – Schematische voorstelling van de DWC-berekening



Figuur 2 – SKM van OCW

De temperatuur van het natte wegoppervlak en de snelheid tijdens metingen zijn belangrijke invloedsfactoren voor de meting. Daarom is de tankwagen ook uitgerust met een sensor om de temperatuur van het natte wegoppervlak te meten en is een correctiefactor vastgelegd (CME 53.11 en CEN/TS 15091-8 – zie *Literatuur*):

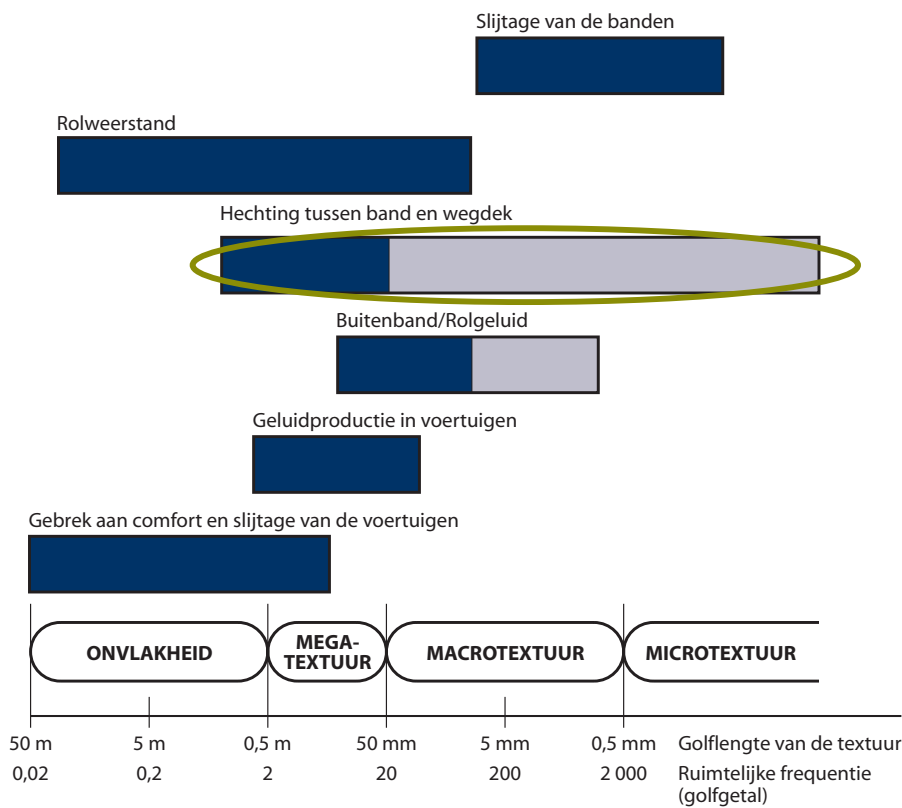
Snelheidscorrectie (SKM): $m V = m + [v_{\text{echt}} - v_{\text{gewenst}}] / 20 \text{ km/u} * 0,05$

Temperatuurcorrectie (SKM): $m V, T = m V + [T_{\text{water}} - 20^{\circ}\text{C}] * 0,002 + [T_{\text{wegopp.}} - 20^{\circ}\text{C}] * 0,0012$

De referentietemperatuur is 20 °C. De referentiesnelheid is 50 of 80 km/h.

Macro- en microtextuur hebben doorgaans een gunstig effect op de stroefheid; megatextuur heeft meestal een nadelig effect (figuur 3).

Ter vervollediging van de meetdata, kan de SKM ook de textuur van het wegdek opmeten volgens standaard EN ISO 13473-1. De resultaten van de textuurmeting worden uitgedrukt in "mean profile depth" (MPD).



Nota

Het lichtgekleurde gedeelte geeft het positieve effect van de textuur op het betrokken aspect weer; het donkergekleurde gedeelte het negatieve effect.

Figuur 3 – Invloed van textuur op stroefheid

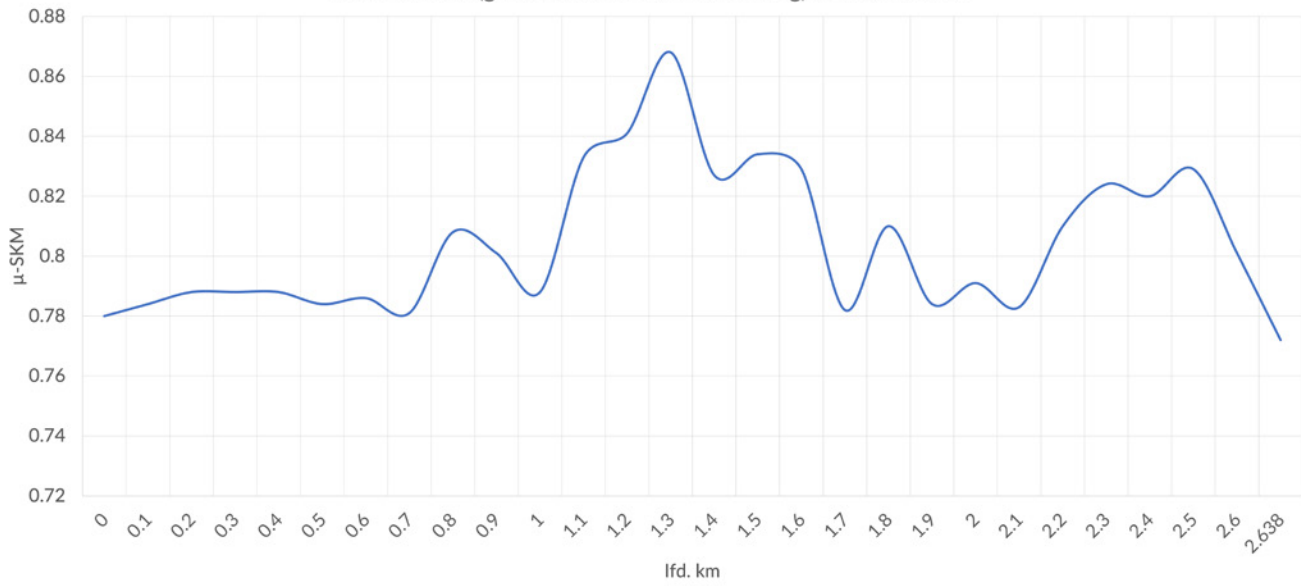
Resultaten

DWC voor vakken van 100 m

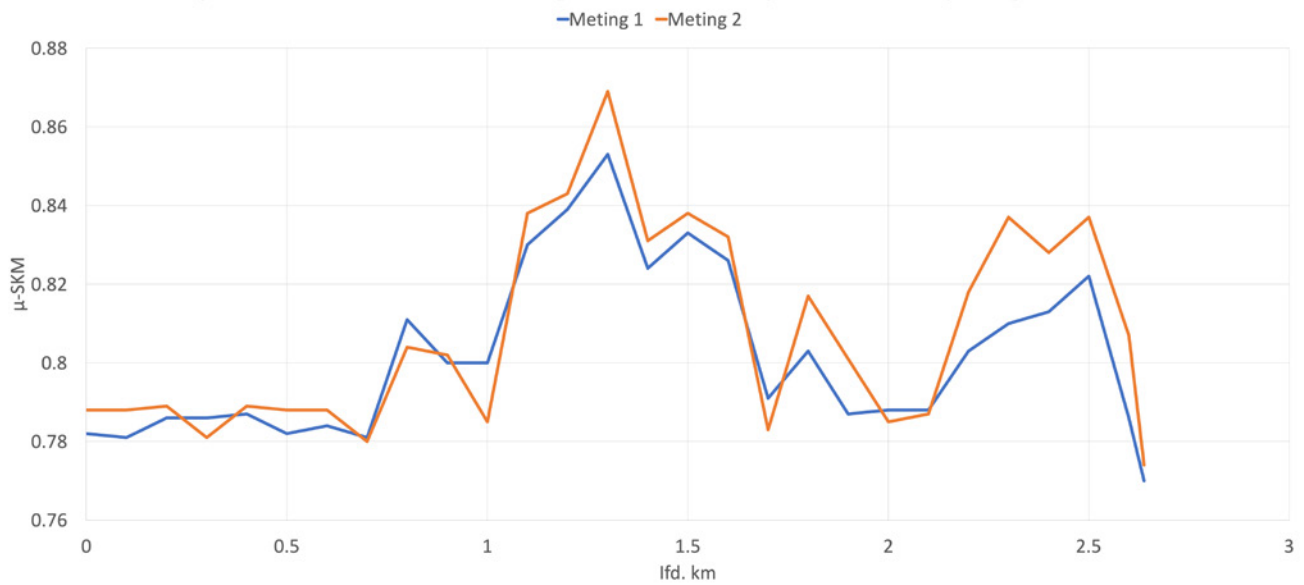
De resultaten worden weergegeven in een verslag met vermelding van de meetomstandigheden, de meetlocaties en voor elk weggedeelte een overzichtstabel met de meetresultaten voor elk meetvak van 100 m.

van km	tot km	Meting 1 (μ -SKM)	Meting 2 (μ -SKM)	Gemiddelde (μ -SKM)	Afwijking (μ -SKM)	AS stroefheid
0,000	0,100	0,782	0,788	0,780	0,004	0,782
0,100	0,200	0,781	0,788	0,784	0,006	0,781
0,200	0,300	0,786	0,789	0,788	0,003	0,788
0,300	0,400	0,786	0,781	0,788	0,006	0,788
0,400	0,500	0,787	0,789	0,788	0,002	0,787
0,500	0,600	0,782	0,788	0,784	0,004	0,782
0,600	0,700	0,784	0,788	0,786	0,002	0,784
0,700	0,800	0,781	0,780	0,781	0,001	0,781
0,800	0,900	0,811	0,804	0,808	0,007	0,811
0,900	1,000	0,800	0,802	0,801	0,002	0,800
1,000	1,100	0,800	0,785	0,788	0,006	0,800
1,100	1,200	0,830	0,838	0,833	0,008	0,830
1,200	1,300	0,839	0,843	0,841	0,004	0,838
1,300	1,400	0,853	0,869	0,868	0,008	0,863
1,400	1,500	0,824	0,831	0,827	0,007	0,824
1,500	1,600	0,833	0,838	0,834	0,003	0,833
1,600	1,700	0,826	0,832	0,829	0,006	0,826
1,700	1,800	0,791	0,783	0,782	0,002	0,791
1,800	1,900	0,803	0,817	0,810	0,014	0,803
1,900	2,000	0,787	0,801	0,784	0,014	0,787
2,000	2,100	0,788	0,785	0,791	0,008	0,788
2,100	2,200	0,788	0,787	0,783	0,008	0,788
2,200	2,300	0,803	0,818	0,810	0,016	0,803
2,300	2,400	0,810	0,837	0,824	0,027	0,810
2,400	2,500	0,813	0,828	0,820	0,016	0,813
2,500	2,600	0,822	0,837	0,829	0,016	0,822
2,600	2,700	0,786	0,807	0,801	0,012	0,785
2,638	2,738	0,770	0,774	0,772	0,007	0,770
gemiddelde		0,804	0,810	Verskil: 0,006	max: 0,027	

Meetresultaat (gemiddelde van 1e en 2e meting) in 100 m secties



Grip meetresultaat van 1e en 2e meting in meterwaarden bij 100 m voortschrijdend gemiddelde



Acceptatiegrenzen

De stroefheidseisen (dwarse wrijvingscoëfficiënt – DWC) zijn vastgelegd in de gewestelijke standaardbestekken.

Vlaams standaardbestek SB 250

Meettoestel	Referentiesnelheid	Elke hm	Elke 10 m
SKM	50 km/h	≥ 0,50	≥ 0,45
	80 km/h	≥ 0,43	≥ 0,38
SCRIM	50 km/h	≥ 0,48	≥ 0,43
	80 km/h	≥ 0,39	≥ 0,34
Odoliograaf	50 km/h	≥ 0,45	≥ 0,40
	80 km/h	≥ 0,36	≥ 0,31

Standaardbestek van het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest

F.1.3.2.3 Dwarse wrijvingscoëfficiënt (SFCS) Tot de eindoplevering gelden de volgende eisen:

- bij meting met de SCRIM een SFCS ≥ 0,48 vertonen;
- bij werkzaamheden over een lengte van minder dan 500 m, bij aanwezigheid van een of meer rotondes en/of verkeersdrempels, ... en in naderingsvakken tot rotondes en kruispunten moet elke hectometer tot de eindoplevering bij meting met de SCRIM een SFCS ≥ 0,58 vertonen.

Waa's standaardbestek CCT Qualiroutes

Caractéristique	Réseau			Giratoire
	I	II	III _a	
SFCS	≥ 0,48	≥ 0,48	≥ 0,48	≥ 0,58

Prestaties

Beperkingen

Complementari- teit van de meetresultaten

Capaciteit

De capaciteit van de tank maakt het mogelijk metingen over een afstand van ongeveer 100 km uit te voeren. De tank kan onderweg worden bijgevuld, om de metingen te kunnen voortzetten.

Snelheid tijdens metingen

De snelheid tijdens de uitvoering bedraagt 50 km/h of 80 km/h.

Meting

Metingen met de SKM zijn herhaalbaar, reproduceerbaar en vergelijkbaar met metingen door gelijkaardige meettoestellen zoals de SCRIM en de Odoliograaf (cf. resultaten van het Europees project ROSANNE).

- Gezien de omvang en het gewicht van het meetvoertuig en de snelheid tijdens de uitvoering kan de SKM niet op alle soorten van wegen worden ingezet.
- Tijdens hevige regenbuien kunnen geen metingen worden verricht.
- Tijdens metingen moet de temperatuur tussen 5 °C en 35 °C bedragen.

Net zoals voor de meeste apparatuur voor wegconditieonderzoek kan het nuttig zijn de resultaten uit metingen met de SKM te toetsen aan die van andere technieken of methoden:

- meting van de micro- en macrottextuur.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	✓
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen		
Private wegen	✓	✓
Haventerreinen	✓	✓
Vliegveldbanen	✓	✓

Verwante technieken en methoden

- SCRM, Odoliograaf.
- SRT-toestel (*Skid Resistance Tester* – SRT).
- ADHERA-toestel.
- PFT-toestel (*Portable Friction Tester* – PFT).

Veiligheid – Signalering

Het meetvoertuig is goed zichtbaar en uitgerust met de reglementaire signalering (zebrastrepen, zwaailicht, enz.) van het gewest of land waar de metingen worden verricht. Extra maatregelen zijn meestal niet nodig, omdat de snelheid tijdens de uitvoering met die van de andere weggebruikers overeenstemt.

Literatuur

Vlaamse Overheid – Agentschap Wegen en Verkeer (2019)

Standaardbestek 250 voor de wegenbouw [versie 4.1]. Hoofdstuk 6.
Brussel : AWW.

Brussels Hoofdstedelijk Gewest (2015)

TB 2015 : typebestek betreffende wegeniswerken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.
Brussel : Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Service Public de Wallonie – Direction Générale Opérationnelle des Routes et des Bâtiments (2012, version 2016 consolidée)

CCT Qualiroutes : cahier des charges-type. Catalogue des méthodes d'essai. CME 53.11.
Namur : SPW-DG01.

European Committee for Standardization (2009)

CEN/TS 15901-8 Road and airfield surface characteristics - Part 8: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface by measurement of the sideway-force coefficient (SFCD): SKM
Brussels : CEN.

Nationaal Bureau voor Normalisatie (2004)

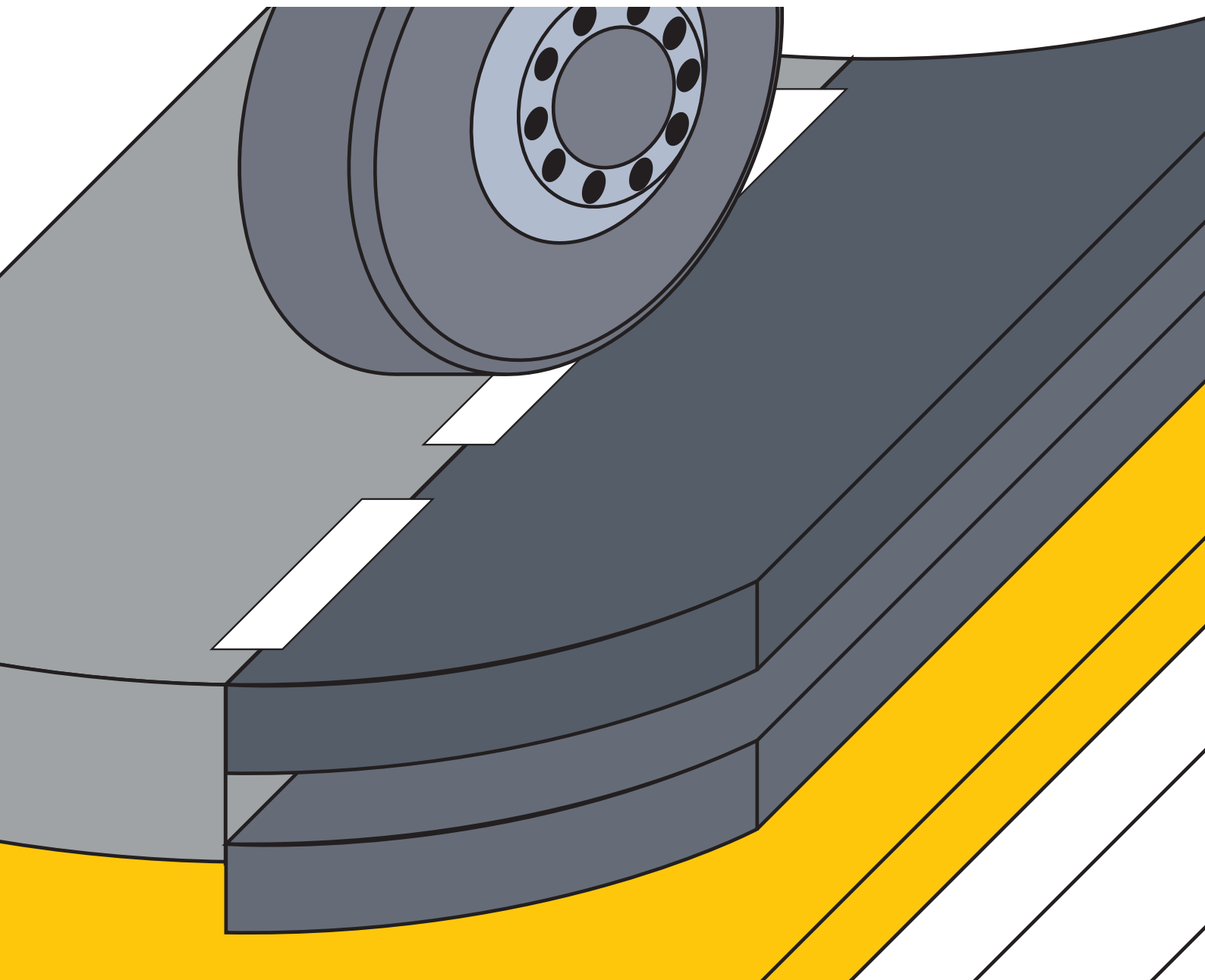
NBN EN ISO 13473-1 : Karakterisering van de textuur van bestratingen met oppervlakprofielen. Deel 1, bepaling van de gemiddelde profieldiepte.
Brussel : NBN.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



7 | Instrumenten voor wegbeheerders

Qualidimsoftware

Berekening van de restlevensduur van wegen

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 7 Qualidimsoftware – Berekening van de restlevensduur van wegen / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 7 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 7 – **Qualidimsoftware** Berekening van de restlevensduur van wegen

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

✓ PROJECTNIVEAU

NETWERKNIVEAU

WEGOPPERVLAK

✓ WEGOPBOUW

✓ DOE-HET-ZELF

Contact

Carl Van Geem: +32 10 23 65 22;
c.vangeem@brrc.be

Deflectiemeter

Curviameter

Valgewicht

Valgewicht 100 kN

Straal (mm) 150.00 Druk (N/mm²) 1.388 x-co (mm) 0 y-co (mm) 0

Posities en gemeten deflecties

Aantal sensoren 9 Oppervlakte-e (N/mm²)

Posities van de sensoren

Sensorer	x (mm)	y (mm)	Deflecties (µm)	Berekening
1	0	0	144	2169
2	300	0	126	620
3	600	0	107	365
4	900	0	91	286
5	1200	0	77	253
6	1500	0	68	230
7	1800	0	60	217
8	2100	0	55	199
9	2400	0	51	191

Geschatte elasticiteitsmoduli

E1	E2	E3	E4(*)	(*)Waste moduli
33903	685	20934	240	

Deflectieresultaten

Gemiddeld verschil (µm) 1.38

Aantal iteraties 17

Criterion 1 = Overeenstemming bereikt
 2 = 2 gelijke elasticiteitsmoduli
 3 = Geen overeenstemming
 4 = Geschatte moduli

1

Sensoren	Berekende deflecties (µm)	Verschillen (µm)
1	144.4	-0.35
2	124.7	1.29
3	106.6	0.44
4	91.7	-0.71
5	79.3	-2.32
6	69.0	-0.96
7	60.3	-0.29
8	53.0	1.98
9	46.9	4.11

7 | Qualidimsoftware
 Berekening van de restlevensduur van wegen

Doel

Qualidim (voorheen DimMET) is oorspronkelijk ontwikkeld als dimensioneringssoftware, maar kan ook worden gebruikt om de restlevensduur van wegen te schatten. De methodiek steunt op theoretische modellen van de wegoopbouw, terugberekening van de elasticiteitsmodulus van materialen in de wegconstructie, deflectiemetingen met bijvoorbeeld FWD (*Falling Weight Deflectometer* – valgewicht deflectiemeter) of curviameter en verkeersgegevens. Bij de planning en begroting van wegwerkzaamheden kunnen wegbeheerders erop steunen om te oordelen of dieper dan de bovenlagen moet worden ingegrepen. Als tijdig wordt opgetreden, kan vroegtijdige schade aan de (onder)fundering worden vermeden.

Werkingsprincipe – Methodiek

De restlevensduur van een weg kan worden berekend op basis van de hiernavolgende gegevens.

- *Model van wegoopbouw:* met theoretische modellen van de wegoopbouw kan de verwachte doorbuiging (deflectie) van een wegdek bij de passage van een zwaar voertuig worden berekend. Qualidim gebruikt een vaak voorkomend model dat steunt op de elasticiteitskenmerken van de toegepaste materialen in een wegconstructie. Een weg is opgebouwd uit verschillende lagen, meestal van een ander materiaal en met een verschillende dikte. Elk materiaal bezit een specifieke elasticiteitsmodulus, die kan verschillen naargelang van de omgevingstemperatuur en de veroudering van het materiaal. Voor terugberekening van de elasticiteitsmodulus van elk materiaal dienen de volgende gegevens te worden toegevoerd:

- het aantal lagen;
- de laagdikten;
- de "Poissoncoëfficiënt" voor elk toegepast materiaal.

Ook de kwaliteit van de hechting kan worden toegevoerd.

- *Deflectiemetingen:* bij de passage van een zwaar voertuig buigt een wegdek licht door. Deze doorbuiging bedraagt slechts enkele honderdsten of duizendsten van een mm en is niet zichtbaar met het blote oog. Als de druk wordt opgeheven, neemt het wegdek opnieuw de oorspronkelijke vorm aan (elastische vervorming). Deze tijdelijke vervorming kan

worden gemeten met speciaal ontworpen apparatuur zoals FWD. Voor de terugberekening van de elasticiteitsmodulus dienen de gemeten deflectiewaarden te worden toegevoerd.

- *Verkeersgegevens:* voor zover bekend, kan ook het verwachte aantal zware voertuigen worden toegevoerd.

Te volgen stappen

1. Terugberekening van de elasticiteitsmodulussen

De elasticiteitsmodulus van de materialen in de wegconstructie wordt berekend door de theoretisch berekende deflectie met de gemeten deflectie te vergelijken. Dat is een iteratief proces, waarbij mogelijke waarden van de elasticiteitsmodulussen worden toegevoerd en de software deze waarden automatisch licht wijzigt om de berekende deflectie beter met de gemeten deflectie te laten samenvallen. Dat proces wordt herhaald tot een "lokaal minimum" van het drie- of vierdimensionale oppervlak van mogelijke combinaties van elasticiteitsmodulussen voor de verschillende lagen wordt bereikt. Dit proces kan in drie mogelijkheden resulteren:

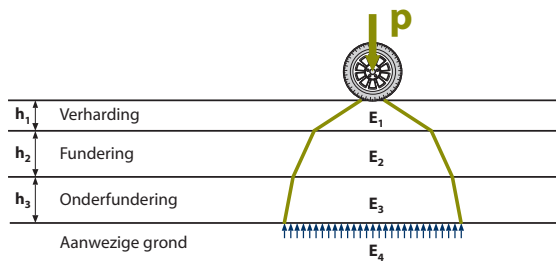
- de iteratieve berekening genereert geen oplossing. Het dichtstbijzijnde "lokale minimum" ligt wellicht te ver af van de toegevoerde waarden voor de elasticiteitsmodulussen. Het model beschrijft de werkelijkheid niet correct (bijvoorbeeld er is een onnauwkeurige dikte voor één van de lagen toegevoerd). Er moet een

nieuwe berekening worden uitgevoerd, met nieuwe waarden;

- de iteratieve berekening genereert een fysisch niet haalbare oplossing. De verkregen elasticiteitsmodulussen vormen wiskundig gezien een "lokaal minimum" dat een goede overeenkomst tussen de berekende en gemeten deflectie oplevert, maar zijn erg klein of erg groot. De softwaregebruiker oordeelt zelf of de berekende elasticiteitsmodulussen fysisch mogelijk zijn. Als dat niet het geval is, moet een nieuwe berekening met nieuwe waarden worden uitgevoerd;
- de iteratieve berekening genereert een fysisch aanvaardbare oplossing. Die geeft al aan of een laag in goede of slechte staat verkeert. De elasticiteitsmodulus van nieuw materiaal en het verloop door veroudering zijn immers bekend. De verkregen elasticiteitsmodulussen kunnen nu worden gebruikt voor de berekening van de restlevensduur.

2. Berekening van de restlevensduur

Op basis van de terugberekende elasticiteitsmodulussen en de verkeersgegevens kan de restlevensduur worden geschat. Daarbij wordt de dimensionering gesimuleerd van de weg in zijn huidige staat voor het toegevoerde verkeer. De software berekent hoeveel verkeer de weg (nog) zal kunnen dragen tot het einde van de levensduur. Door deze hoeveelheid verkeer met het werkelijke verkeer te vergelijken en eventueel rekening te houden met de aangroei van het verkeer, wordt de restlevensduur van de weg verkregen.



Figuur 1 – Lastverdeling in een wegconstructie (© “help-functie” in Qualidim)

Terugberekening

Maximum aantal iteraties: 20
 Aantal lagen: 3

Opmerking: 1 modulus kan vast worden genomen.

Laag	Modulus (N/mm ²)	E bekeerd, vink aan	Graad van anisotropie (E _w /E _h)	Coefficiënt van Poisson	Dikte (mm)	Totale hechting = 1; Volkomen
Toplaag	15000	<input type="checkbox"/>	1.00	0.35	238	0.5
Onderlaag 1	4000	<input type="checkbox"/>	1.00	0.30	195	1.00
Onderlaag 2	450	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	0.40		0.1

Deflectiemeter: Curviometer 130 kN

Straal (mm)	Druk (N/mm ²)	x-co (mm)	y-co (mm)
113.72	0.00	0	205

Posities en gemeten deflecties: Aantal sensoren: 4

Sensoren	x (mm)	y (mm)	Deflecties (µm)	Berekening
1	0	0	79.6	3429
2	300	0	71.2	600
3	600	0	50.0	422
4	900	0	43.9	383

Geschatte elasticiteitsmoduli: E1: 20693, E2: 3383, E3: 450

Deflectieresultaten: Gemiddeld verschil (µm): 0.37, Aantal iteraties: 6

Criterium 1 = Overeenstemming bereikt

Berekening

Figuur 2 – Terugberekening met Qualidim (deflectie gemeten met curviometer, drielaagenmodel van wegopbouw)

Terugberekening

Maximum aantal iteraties: 20
 Aantal lagen: 4

Opmerking: 2 moduli kunnen vast worden genomen.

Laag	Modulus (N/mm ²)	E bekeerd, vink aan	Graad van anisotropie (E _w /E _h)	Coefficiënt van Poisson	Dikte (mm)	Totale hechting = 1; Volkomen
Toplaag	33000	<input type="checkbox"/>	1.00	0.25	205	1.00
Onderlaag 1	1000	<input type="checkbox"/>	1.00	0.35	50	1.00
Onderlaag 2	15000	<input type="checkbox"/>	1.00	0.25	210	1.00
Onderlaag 3	240	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	0.50		1.00

Deflectiemeter: Valgewicht 100 kN

Straal (mm)	Druk (N/mm ²)	x-co (mm)	y-co (mm)
150.00	1.300	0	0

Posities en gemeten deflecties: Aantal sensoren: 9

Sensoren	x (mm)	y (mm)	Deflecties (µm)	Berekening
1	0	0	144	2169
2	300	0	126	620
3	600	0	107	365
4	900	0	91	286
5	1200	0	77	253
6	1500	0	68	230
7	1800	0	60	217
8	2100	0	55	203
9	2400	0	51	191

Geschatte elasticiteitsmoduli: E1: 33903, E2: 685, E3: 20934, E4: 240

Deflectieresultaten: Gemiddeld verschil (µm): 1.38, Aantal iteraties: 17

Criterium 1 = Overeenstemming bereikt

Berekening

Figuur 3 – Terugberekening met Qualidim (deflectie gemeten met FWD, vierlaagenmodel van wegopbouw)

Dimensionering

Structuur bewerken | Structuur veranderen | Rapport

Soorten van versterking: Overlay, Inlay

Verharding: Aantal lagen (1 tot 4): 4

Afsluit	Type	h (mm)
AB 10	50	
5412	10	200

Verwacht aantal zware voertuigen: 2.90E+007

Schaling van de prestaties van de totale structuur:

- Bezwijkkans (Z) na 20 jaren: 93.1
- Voor een bezwijkkans van 50%:
 - Aantal jaren: 9
 - Aantal zware voertuigen: 1.07E+007

Hechting Model: Standaardwaarden

Periode (jaar): 0-10 jaar

Berekening | Spoorvorming | Terug

Figuur 4 – Schatting van de restlevensduur van een bestaande wegconstructie met Qualidim

Resultaten

Acceptatie- grenzen

Prestaties

Met de Qualidimsoftware kan een gedetailleerd verslag worden bewaard en uitgedraaid, met vermelding van:

- alle parameters die voor de berekening zijn toegepast;
- belangrijke tussenresultaten die kunnen helpen om te oordelen of de terugberekende elasticiteitsmodulussen en de daaruit voortvloeiende restlevensduur realistisch zijn.

Gelijksoortige software levert doorgaans een vergelijkbaar verslag af.

Niet van toepassing.

Hoewel dit geen eenvoudige en snelle werkwijze is om de restlevensduur te schatten, biedt het wegbeheerders een nuttig hulpmiddel om bij geplande of toekomstige werkzaamheden te oordelen of ook de (onder-)fundering moet worden gerepareerd of vervangen. Zo kan er bij de planning van de werkzaamheden en het budget rekening mee worden gehouden. Als tijdig wordt opgetreden, kan vroegtijdige schade aan de (onder)fundering worden voorkomen.

De kwaliteit en de nauwkeurigheid van de resultaten hangen van heel wat factoren af. Daarom dienen de resultaten omzichtig te worden benut (zie *Beperkingen*).

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen	✓	
Private wegen	✓	
Haventerreinen	✓	
Vliegveldbanen	✓	

Beperkingen

Voor de berekeningen wordt van een aantal hypothesen uitgegaan, zowel voor de wegoopbouw (voorgesteld door een vereenvoudigd model), en de terugberekening van de elasticiteitsmodulussen (steunt op elasticiteitskenmerken van de materialen) als voor de verkeersgegevens. Daarom wordt aanbevolen:

- als een fysisch aanvaardbare oplossing wordt verkregen, nog enkele nieuwe berekeningen uit te voeren waarbij de toegevoerde parameters voor het model van wegoopbouw één voor één licht worden gewijzigd. Zo kan de gevoeligheid van de verkregen oplossing voor variaties in de toegevoerde parameters worden getoetst. Stabiele oplossingen die fysisch realistisch zijn, worden gemakkelijker aanvaard dan onstabiele oplossingen;
- meer dan één meetpunt in hetzelfde weggedeelte te bestuderen en de berekeningen met verschillende gemeten deflectiewaarden te herhalen.

Complementariteit van de meetresultaten

Niet van toepassing.

Hoe onnauwkeuriger het model van de bestaande wegoopbouw en de verkeersgegevens, hoe onbetrouwbaarder de berekeningen.

Qualidim werkt met een model van wegoopbouw van slechts drie of vier lagen.

Bepaalde soorten van wegconstructies (bijvoorbeeld betonverhardingen) passen minder goed in het softwaremodel of kunnen niet nauwkeurig genoeg worden gemodelleerd. De resultaten zijn dan moeilijker te interpreteren.

Met de resultaten moet dan ook omzichtig worden omgesprongen. Ze bieden enkel ondersteuning aan ervaren en in de wegebouw gespecialiseerde ingenieurs in het beslissingsproces voor de aanpak van wegwerkzaamheden.

Veiligheid – Signalering

Niet van toepassing.

Verwante technieken en methoden

- GPR (*Ground-Penetrating Radar* – géoradar).
- Kernboringen.
- FWD (*Falling Weight Deflectometer* – valgewichtdeflectiometer).
- Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer.

Literatuur

Lemlin, M., Jasienski, A., Van Cauwelaert, F., Pilate, O. & Berlémont, B. (2006)

Walloon design method for concrete pavements : improvements since 2003.

In : A century of experience : "The way ahead is concrete" : proceedings of the 10th international symposium on concrete roads, Brussels, September 18-22, 2005. 17p. Paris : World Road Association (PIARC) ; Brussels : European Cement Association (CEMBUREAU).

Maeck, J. (2009)

Dimensionering van wegen met behulp van de software DimMET.

In : 21ste Belgisch wegencongres 2009, Gent, september 22-25, 2009. 10p. Brussel : Belgische Wegenvereniging (BWV).

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



Instrumenten voor wegbeheerders

8 | Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 8 Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 8 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 8 – **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

✓ METHODOLOGIE

✓ PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

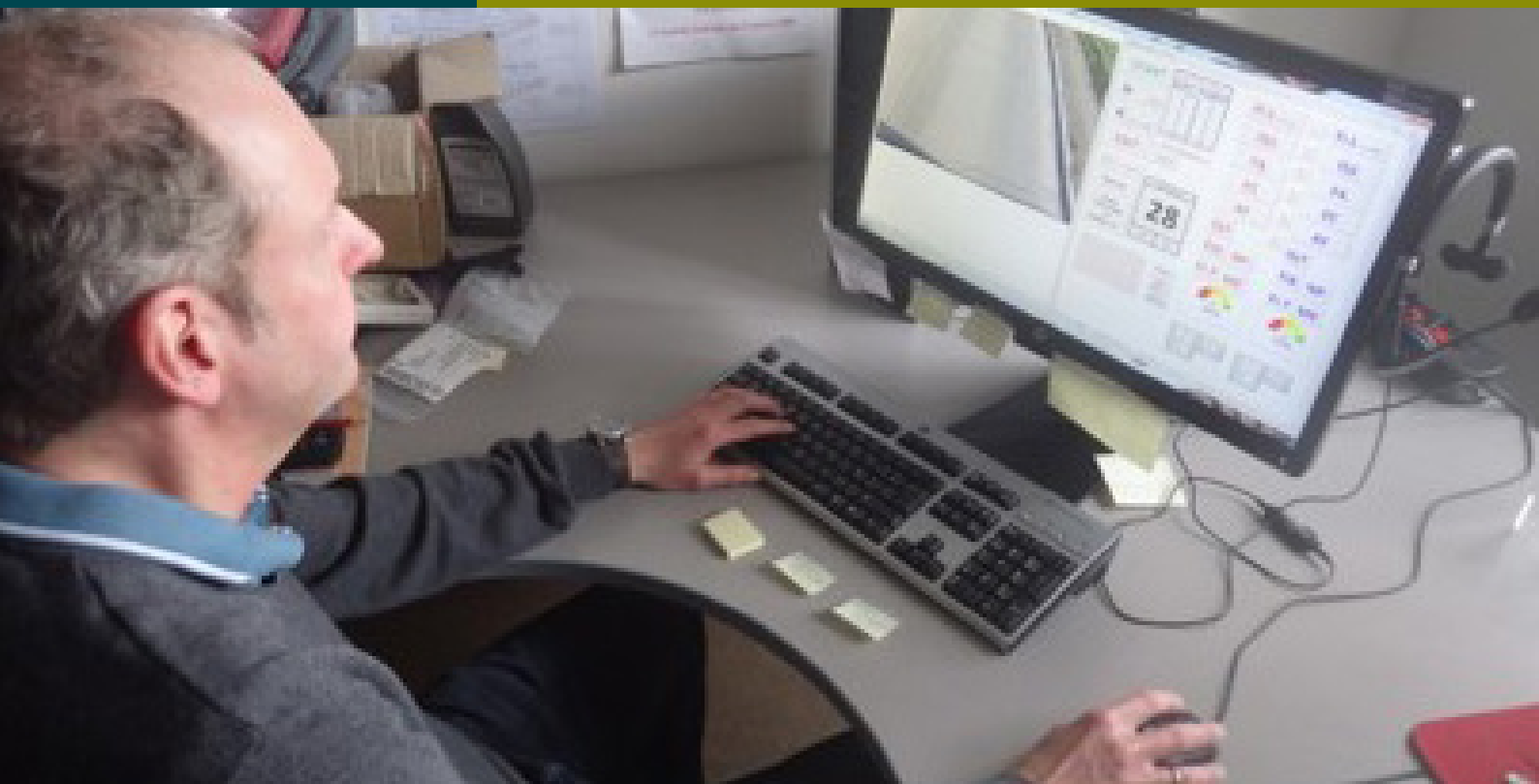
✓ WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

✓ DOE-HET-ZELF

Contact

Carl Van Geem: +32 10 23 65 22;
c.vangeem@brrc.be



8 | Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten

Doel

Zonder waarnemingen en constatering kan onderzoek geen wonderen verrichten (vrij vertaald naar de Franse filosoof en lexicograaf Emile Littré).

Visuele inspectie van wegverhardingen (asfaltbeton-, cementbeton-, en elementenverhardingen) kan voor wegbeheerders een bron van nuttige informatie zijn om zich een eerste beeld van de staat van het wegennet te vormen. Om objectieve, bruikbare en betrouwbare informatie voor wegennetbeheer te verzamelen, dient de visuele inspectie volgens een vaste methodiek en door ervaren personeel te worden uitgevoerd, en moet de waargenomen wegschade gestructureerd worden gecodeerd en geregistreerd.

Het OCW verstrekt ook opleidingen tot visueel inspecteur voor wegennetbeheer.

Werkingsprincipe – Methodiek

Een belangrijke stelregel? Weten wat men wil waarnemen en het helder omschrijven, zodat de waarnemingen herhaalbaar en reproduceerbaar zijn.

De visuele inspectie kan op drie manieren worden uitgevoerd:

- te voet met behulp van een papieren formulier of een digitale applicatie op een tablet (figuur 1);
- vanuit een voertuig, met een daarvoor geschikte applicatie (figuur 2);
- of aan de hand van beelden die op een bepaalde wijze zijn opgenomen (figuur 3).

De *methodiek* omvat drie fasen.

Fase 1

De wegbeheerder deelt het wegennet strategisch op in vakken met dezelfde verharding, wegbreedte, enz. (figuur 3) en bepaalt eventueel een rangorde (bijvoorbeeld toegangswegen tot een bedrijventerrein, winkelstraten, prestigieuze wegen, enz.).

Fase 2

Uitvoeren van de visuele inspectie.

Fase 3

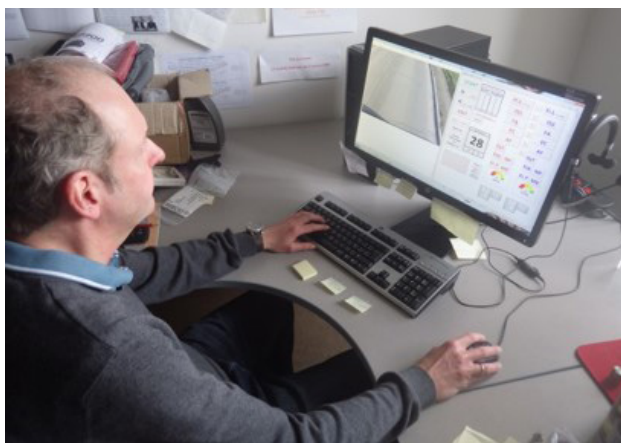
Periodiek herhalen van fase 2 (bijvoorbeeld om de twee jaar).



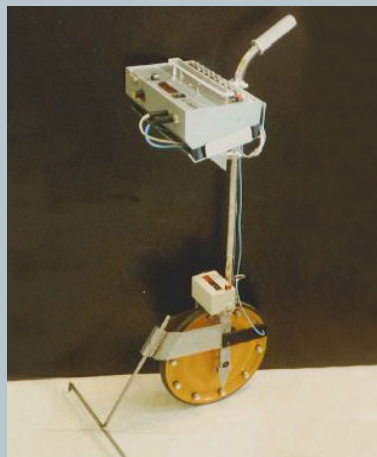
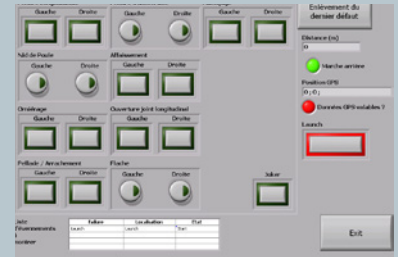
Figuur 1 – Inspectie te voet met een applicatie op een tablet



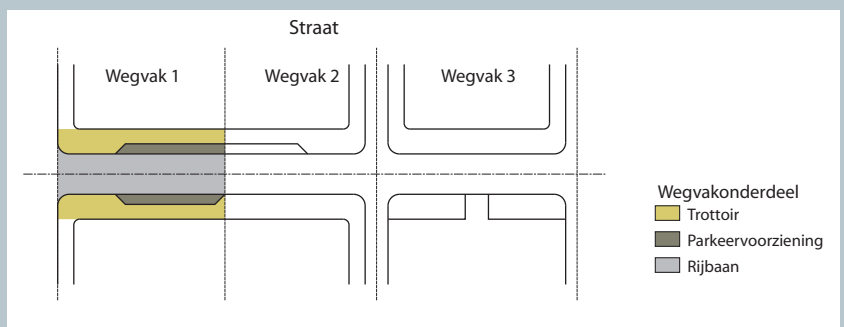
Figuur 2 – Inspectie vanuit een voertuig



Figuur 3 – Inspectie aan de hand van opgenomen beelden



Figuur 4 – Het OCW bezit een jarenlange ervaring op het vlak van visuele inspectie. Deze foto's tonen enkele hulpmiddelen uit het verleden om snel en efficiënt een visuele inspectie uit te voeren



Figuur 5 – Opdeling in wegvakken en wegvakonderdelen

Resultaten

Visuele index (I_v)

Op grond van de aard en het aantal (of de cumulatieve lengte) van het geregistreerde schadebeeld (uitgedrukt in %) en van het gewicht dat eraan is toegekend, geeft de software voor elk vak een score in de vorm van een visuele index (I_v) met een waarde van 0 tot 0,9. Deze index wordt berekend met de formule:

$$I_v = \max(0,90 - \sum_{dis} w_{dis} \cdot P_{dis} ; 0,00) *$$

*Voor meer informatie wordt verwezen naar de OCW-meetmethode MN 89/15

	Langs-scheur	Dwars-scheur	Netscheur-vorming	Spoor-vorming	Inzinking	Verzak-king	Kippen-ness	Gemeen-schappelijke schade	Rafeling/Scholvorming/Zweten
w_{dis}	0,60	0,60	0,70	1,00	1,00	0,50	1,00	0,25	1,00

Figuur 6 – Voorbeeld: gewicht van de schadebeelden (dis = distress) bij asfaltbetonverhardingen

Bestand met resultaten

De resultaten worden weergegeven in ASCII-tekstbestanden, die voor elk vak van alle waargenomen schadebeelden (*Event*), een verbonden waarde voor de afstand (*Distance*) en bij voorkeur de gpscoördinaten (*Lat*, *Long*) vermelden.

Event	Sequence	Distance	Lat	Long
CSLAUNCH	Start	0,000000	50,767374	4,556214
CSTRANSVERSALCRACK		7,650000	50,767414	4,556290
CSTRANSVERSALCRACK		18,250000	50,767484	4,556424
CSTRANSVERSALCRACK		25,610000	50,767530	4,556513
CSTRANSVERSALCRACK		40,330000	50,767619	4,556683
CSTRANSVERSALCRACK		50,050000	50,767679	4,556794
CSTRANSVERSALCRACK		56,530000	50,767715	4,556863
CSTRANSVERSALCRACK		121,000000	50,768100	4,557579
CSTRANSVERSALCRACK		132,190000	50,768172	4,557707
CSSUBSIDENCE	Start	137,780000	50,768207	4,557770
CSSUBSIDENCE	Stop	146,030000	50,768256	4,557856
CSSUBSIDENCE	Stop	157,510000	50,768328	4,557985
CSTRANSVERSALCRACK		166,340000	50,768365	4,558048
CSTRANSVERSALCRACK		196,370000	50,768577	4,558409
CSLONGITUDINALCRACK	Start	220,510000	50,768727	4,558658

Figuur 7 – ASCII-tekstbestanden met resultaten van een visuele inspectie

Acceptatiegrenzen

Cartografische weergave

Als de gps-coördinaten beschikbaar zijn, kunnen de resultaten na verwerking ook in de vorm van kaarten worden weergegeven.



Figuur 7 – Cartografische weergave van de resultaten van de visuele inspectie

Er zijn geen eigenlijke acceptatiegrenzen vastgelegd. De scores voor de visuele index (I_v) kunnen wegbeheerders helpen bij het bepalen van een strategie voor het onderhoud en/of de versterking van het wegennet. Ze kunnen ook dienen voor een volledige strategische analyse met de ViaBEL-software voor wegbeheer (PMS).

Prestaties

Beperkingen

Snelheid tijdens metingen

Afhankelijk van het gebruikte hulpmiddel.

- Geen betrouwbare resultaten bij nat wegdek.
- Sommige schadebeelden zijn beter zichtbaar wanneer het wegdek aan het opdrogen is. Dat proces kan echter kort zijn en snel evolueren. Het is aanbevolen tijdens het opdrogen geen visuele inspectie uit te voeren, om de herhaalbaarheid van de inspectie niet in het gedrang te brengen.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen		
Gemeente- en stedelijke wegen		✓
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen		✓
Private wegen		✓
Haventerreinen		✓
Vliegveldbanen		

Asfaltbetonverharding (AB)	Cementbetonverharding (CB)	Elementenverharding (EL)
<ul style="list-style-type: none"> - Langsscheur - Dwarsscheur - Netscheurvorming - Spoorvorming - Inzinking / Verzakking - Schade in de randzone - Kippennest / Scholvorming - Gemeenschappelijke schade - Rafeling / Zweten 	<ul style="list-style-type: none"> - Langsscheur - Dwarsscheur - Hoekscheur - Netscheurvorming - Trapvorming - Verzakking - Ontbrekend materiaal (kippennest, afschilfering, uitrukking) - Open dwarsvoeg - Gemeenschappelijke schade - Schade in de randzone 	<ul style="list-style-type: none"> - Verzakking / Inzinking - Spoorvorming - Schade in de randzone - Gebroken stenen - Losliggende stenen - Ontbrekende stenen
		
<p>Voorbeeld Kippennest</p>	<p>Voorbeeld Open en beschadigde voeg + trapvorming</p>	<p>Voorbeeld Schade in de randzone</p>

Figuur 9 – Registreerbare schadebeelden voor de drie hoofdsoorten van verhardingen

Complementari- teit van de meetresultaten

- De huidige systematiek voor visuele inspectie voor wegennetbeheer combineert een tool en een methodiek om indicatoren voort te brengen die aan de ViaBELsoftware voor wegbeheer kunnen worden toegevoerd.
- Weggedeelten met een twijfelachtige visuele inspectiescore (I_v) kunnen verder worden onderzocht met andere technieken of methoden:
 - GPR-metingen;
 - meting van trapvorming met de faultimeter;
 - bepaling van het plaatselijk draagvermogen;
 - kernboringen.

Verwante technieken en methoden

In de geneeskunde zijn radiografie, scintigrafie, echografie, enz. verwante technieken, want ze steunen op gelijksoortige doelstellingen en technologieën.

- Tool voor uitgestelde registratie op basis van geregistreerde foto- of videobeelden (bv. *IMAJBOX*[®]).
- ViaBELsoftware voor wegbeheer (*Pavement Management System – PMS*) – MN 94.

Veiligheid – Signalering

Afhankelijk van het gebruikte instrument voor visuele inspectie worden passende maatregelen genomen om de veiligheid van inspecteurs en weggebruikers te waarborgen.

Literatuur

Casse, C., Van Geem, C. & Diederiks, K. (2013)

La gestion du patrimoine : illustration de la complexité du sujet et des développements futurs à la lumière des projets ERA-NET ROAD et illustration avec un cas particulier.

In : 22ième congrès belge de la route, Liège, septembre 11-13, 2013. 15 p. Bruxelles : Association Belge de la Route (ABR).

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (2015)

Visuele inspectie voor wegnnet-beheer.

Brussel : OCW. (OCW Meetmethode (MN), 89/15).

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (2018)

Beheersystemen voor secundaire en lokale wegnnetten - De OCW-systematiek.

Brussel : OCW. (OCW Meetmethode (MN), 94)

Van Geem, C., Casse, C., Adolfs, T. & Diederiks, K. (2012)

ViaBEL : a tool for decision processes in pavement management of secondary road networks in Belgium.

In : Proceedings of the 4th European pavement and asset management conference (EPAM 2012), Malmö, Sweden, September 5-7, 2012. 12p. Gotenborg : Swedish Traffic Administration ; Paris : World Road Association (PIARC).

Van Geem C. & Massart T. (2017)

Quality insurance of visual inspections for pavement management of communal road networks.

In : Proceedings of the World Conference on Pavement and Asset Management (WCPAM), Milan, Italy, June 12-16, 2017.

Van Geem, C. & Massart, T. (2018)

Implementation and benefits of a low cost PMS for municipal road networks.

In : Proceedings of the 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure (CETRA) 2018, Zadar, Croatia, May 17-19, 2018.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



9 | Instrumenten voor wegbeheerders

Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 9 Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 9 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 9 – **Structurele prestatie- indicatoren voor wegbeheer**

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

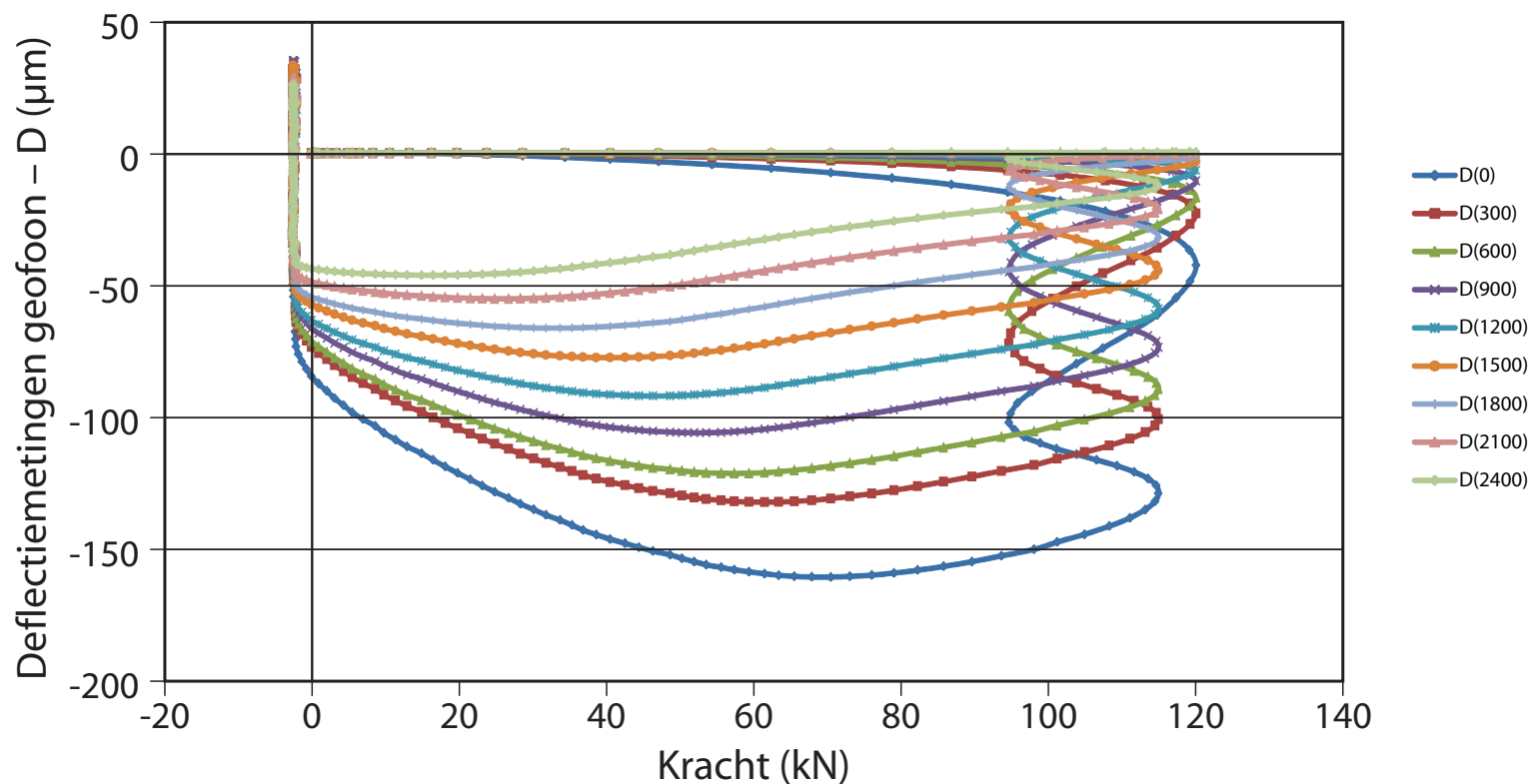
✓ WEGOPPERVLAK

✓ WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Carl Van Geem: +32 10 23 65 22;
c.vangeem@brrc.be



9 | Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer

Doel

Key Performance Indicators (KPI's) zijn de meetbare prestatie-indicatoren om de doelstellingen van een wegbeheersysteem (Pavement Management System – PMS) uit te drukken. Een wegbeheersysteem biedt een systematische aanpak voor een objectieve, kosteneffectieve strategie en planning voor preventief en curatief onderhoud op middellange termijn (drie tot tien jaar).

Bij een net van autosnelwegen en hoofdwegen is het belangrijk tijdig in te schatten of de (onder)fundering moet worden gerepareerd of vervangen. Volgens vakliteratuur en academici is de indicator “restlevensduur” daarbij een uitstekend hulpmiddel. Om dit in de praktijk te brengen, moet de restlevensduur eenvoudig en snel kunnen worden bepaald, zonder tijdrovende berekeningen en zonder op zoek te moeten gaan naar de exacte wegopbouw. Het doel van structurele indicatoren is een eerste beeld van de staat van wegen op netwerkniveau te verkrijgen en prioriteiten te bepalen. Nadat het wegennet in homogene zones is opgedeeld, wordt onderzocht of onderhoud van de bovenste lagen volstaat dan wel of dieper moet worden ingegrepen. De waarden van de indicatoren kunnen eenvoudig uit resultaten van FWD-metingen (Falling Weight Deflectometer – valgewichtdeflectiometer) worden berekend. Gecombineerd met eenvoudige verkeersindicatoren wordt een globale indicator (GI) verkregen, die een schatting van de restlevensduur van een weg mogelijk maakt. Aanvullend kunnen diepgaandere analyses (bijvoorbeeld met Qualidimsoftware) op projectniveau worden uitgevoerd.

Werkingsprincipe – Methodiek

Eerst wordt het wegennet in zogenoemde homogene zones opgedeeld (zie verderop Homogene zones). Dat zijn weggedeelten met dezelfde prestatiekenmerken, waarop hetzelfde onderhoud kan worden toegepast.

Vervolgens moet worden onderzocht of onderhoud van de bovenste lagen volstaat dan wel of ook defunderingen onderfundering moeten worden aangepakt. Daarbij wordt gesteund op indicatoren die eenvoudig uit de onbewerkte meetresultaten van FWD kunnen worden berekend (zie verderop *Bepaling van de indicatoren*). Met deze meetuitrusting kan de doorbuiging (deflectie) van een weg onder zwaar verkeer worden beoordeeld.

Homogene zones

FWD

De FWD is geschikt voor deflectiemetingen op flexibele, halfstijve en stijve wegconstructies.

Voor de opdeling in homogene zones wordt uitgegaan van de maximale deflectie in de inslagzone van het valgewicht. De maximale deflectie wordt lineair tot de nominale klapkracht herleid, aan de hand van de gemeten werkelijke klapkracht. Daarna wordt de cumulatieve, genormaliseerde deflectie in een grafiek weergegeven. De grenzen van homogene zones worden visueel bepaald op grond van de plaatsen waar de richting van de grafiek significant wijzigt (figuur 1).

GPR

Ook GPR (*Ground-Penetrating Radar* – grondradar) (met een antenne van 900 MHz tot 2 GHz) kan voor de opdeling in homogene zones worden gebruikt. Op GPR-beelden kunnen immers wijzigingen in de opbouw (verschillende dikten of materialen van de lagen) worden waargenomen.

Deze opdeling kan worden gecombineerd met de opdeling in homogene zones op basis van FWD-metingen.

Als eerst GPR-metingen uitgevoerd en geïnterpreteerd worden, kunnen voor de FWD meer meetpunten worden ingesteld in korte met GPR bepaalde zones en minder meetpunten in langere met GPR bepaalde zones. Een dergelijke GPR-sturing op een heel wegennet is uiteraard arbeidsintensief.

Bepaling van indicatoren

In het verleden werden de karakteristieke deflectie en de gemiddelde maximale deflectie (figuur 2) uit FWD-metingen al gebruikt als indicatoren voor een eenvoudige beoordeling van de restlevensduur in een homogene zone (HZ).

In opdracht van SOFICO/SPW heeft het OCW voor het primaire wegennet (autosnelwegen en nationale hoofdwegen) in Wallonië vijf nieuwe indicatoren ontwikkeld, met een schaal 0 ("goed") tot 5 ("slecht").

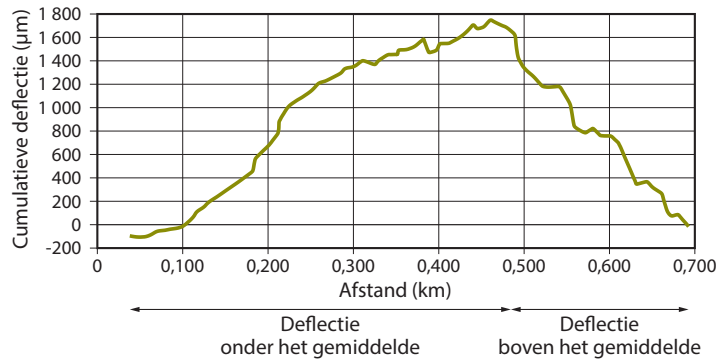
- Een eerste indicator drukt het **draagvermogen van een wegconstructie** uit. Daarbij wordt gesteund op het *Tragfähigkeitzahl* (Tz) uit Duitsland voor de beoordeling van asfaltwegen op basis van FWD-metingen.
- Een tweede indicator drukt het **risico op gebrekkige hechting** tussen de bovenste lagen van een wegconstructie uit. Daarbij wordt gesteund op de kromtestraal van de deflectiekromme ter hoogte van de maximale deflectie, die uit FWD-metingen kan worden berekend (figuur 3). Grote variaties van de kromtestraal in een homogene zone kunnen op gebrekkige hechting tussen lagen wijzen.

Bij de bepaling van deze indicator uit FWD-metingen wordt ook het verschil tussen de met de geofoons gemeten deflectie ter hoogte van en op 300 mm van de inslag in rekening gebracht.

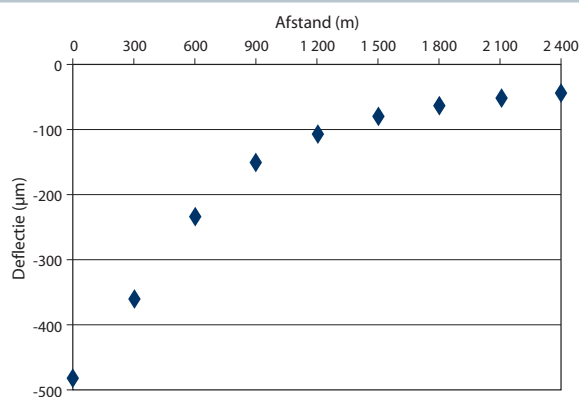
- Een derde indicator drukt de **cohesie van de gehele wegconstructie** uit. Daarbij wordt gesteund op variaties tussen de klapkrachtdeflectiekrommen die in hetzelfde meetpunt door de verschillende FWD-gefoons zijn gemeten. Hiermee wordt geprobeerd te analyseren hoe in werkelijkheid een krachtgolf door de wegconstructie wordt opgevangen en of alle delen van de wegconstructie hun rol naar behoren vervullen.

- Een vierde indicator zet het **aantal voertuigen op een weg** om in een score tussen 0 en 5.
- Een vijfde indicator drukt de **agressiviteit van het (zware) verkeer** uit.

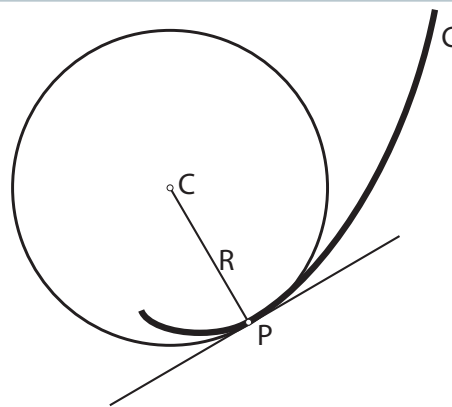
De vijf indicatoren worden gecombineerd tot een *globale indicator* (GI), die de "structurele gezondheid" van een homogene zone aangeeft. De *globale indicator* (GI) correleert redelijk goed met de restlevensduur die op projectniveau door terugberekening van elasticiteitsmodulussen met software zoals Qualidim kan worden geschat.



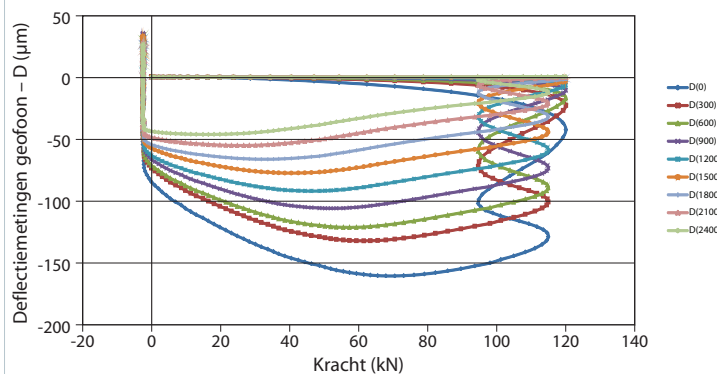
Figuur 1 – Cumulatieve deflectie op basis van FWD-metingen



Figuur 2 – Deflectie op basis van FWD-metingen



Figuur 3 – Kromtestraal R in een punt P op kromme



Figuur 4 – Klapkracht-deflectiekrommen

Resultaten

De opdeling van het wegennet in homogene zones en de bijbehorende waarden voor de verschillende indicatoren worden doorgaans in de vorm van een tabel weergegeven (figuur 5). Het begin en einde van een homogene zone wordt aangeduid met het hectometerpunt zoals dat gewoonlijk langs de weg op kleine bordjes aangegeven staat. Deze gegevens worden meestal aan een database van de wegbeheerder toegevoerd voor verder gebruik in een wegbeheersysteem (PMS).

Begin wegvak	Einde wegvak	Tz*	KPI1	KPI2	KPI3	Globale index (GI)
55,277	60,537	2,03	3,87	1,04	2,19	2,39
60,631	69,407	4,16	2,84	1,12	2,26	1,81
69,545	71,000	2,36	3,71	1,60	2,16	2,66
71,015	75,194	4,08	2,88	1,75	2,40	2,33
75,194	80,303	4,86	2,50	1,62	2,22	1,88

*Tz: Tragfähigkeitszahl

Figuur 5 – Tabel met KPI's en GI voor homogene zones in een onderzocht wegennet

De indicatoren kunnen ook in kaart worden gebracht (zie steekkaart 2 Cartografie – Voor een heldere diagnose).

Acceptatiegrenzen

Het doel van het gebruik van indicatoren voor structurele beoordeling in het kader van wegbeheer is enkel een overzicht van de staat van het wegennet te hebben. In eerste instantie dienen de indicatoren voor het opdelen van het wegennet in wegvak(onderdelen) met een homogene structurele prestatie. Op basis van de indicatoren kunnen wegvak(onderdelen) in klassen worden ondergebracht. Het volstaat dat de indicatoren een correcte, maar "ruwe" opdeling mogelijk maken.

Alle indicatoren worden op een schaal van 0 ("goed") tot 5 ("slecht") uitgedrukt. Een *globale indicator* (GI) tussen 4 en 5 duidt op een wegconstructie zonder restlevensduur.

Prestaties

De indicatoren kunnen snel, eenvoudig en haast volautomatisch uit de onbewerkte resultaten van FWD-metingen worden berekend. Ze kunnen dan ook samen met een standaardbeproeivingsverslag worden afgeleverd. Voor de berekening van de twee verkeersindicatoren (aantal voertuigen op een weg en agressiviteit van het zware verkeer) is extra informatie nodig, maar die is voor hoofdwegen doorgaans beschikbaar.

Beperkingen

De opdeling in homogene zones dient zorgvuldig te gebeuren. Te grote variatie binnen een zone kan de berekende waarden voor de indicatoren sterk beïnvloeden.

De indicatoren geven slechts een "indicatie" van de staat van een weg. Zoals al gezegd, kunnen ze snel en eenvoudig uit de onbewerkte resultaten van FWD-metingen worden berekend. Ze houden echter geen rekening met andere eventueel beschikbare gegevens. Zo kunnen hoge waarden voor de tweede indicator niet alleen op gebrekkige hechting tussen lagen wijzen, maar ook door grote scheuren in een fundering van schraal beton zijn

veroorzaakt. Zonder informatie over de wegoopbouw kan dat onderscheid echter niet worden gemaakt.

Voor een grondige interpretatie van de waarden van de indicatoren en de mogelijke verzwakking van een wegconstructie is een uitgebreide kennis van de indicatoren en de achter-liggende begrippen noodzakelijk. Voorts mag niet worden vergeten dat ze enkel bedoeld zijn om een algemeen overzicht over de staat van een wegennet te geven. Ze zijn niet geschikt voor een analyse op projectniveau of ter voorbereiding van een gedetailleerd bestek voor wegwerkzaamheden.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen		✓
Gemeente- en stedelijke wegen		
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen		
Private wegen		✓
Haventerreinen		✓
Vliegveldbanen		

Complementari- teit van de meetresultaten

Verwante technieken en methoden

Veiligheid – Signalering

Zoals al gezegd, zijn indicatoren geschikt voor een eerste beoordeling van het wegennet op netwerkniveau en om prioriteiten te bepalen. De drie indicatoren die een beoordeling geven van specifieke structurele kenmerken en bouwstenen (*Tragfähigkeitszahl*, kromtestraal, product van de kromtestraal met de maximale deflectie) kunnen een eerste beeld geven van mogelijke oorzaken van structurele zwakte zoals aangegeven door de globale indicator (GI). Deze gegevens kunnen worden benut voor diepgaandere analyses (bijvoorbeeld met Qualidim-software) bij de voorbereiding van een project voor onderhoud of renovatie.

- FWD (*Falling Weight Deflectometer* – valgewichtdeflectiemeter).
- GPR (*Ground-Penetrating Radar* – grondradar).
- Qualidimsoftware.

Niet van toepassing.

Literatuur

Van Geem, C., Nigro, P. & Berlémont, B. (2015)

The use of deflection measurements in pavement management of the primary road network of Wallonia, Belgium.

In : Proceedings of the 9th international conference on managing pavement assets (ICMPA9), Alexandria, USA, May 18-21, 2015. 13p. Blacksburg (USA) : Virginia Polytechnic Institute and State University (VirginiaTech).

S.n. (S.d.)

COST 354 : performance indicators for road pavements.

<http://cost354.zag.si/> Dernière consultation 29/03/2019.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



10 |

Instrumenten voor wegbeheerders

ViaBEL

Software voor wegbeheer

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 10 ViaBEL – Software voor wegbeheer / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 10 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 10 – **ViaBEL**
Software voor wegbeheer

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

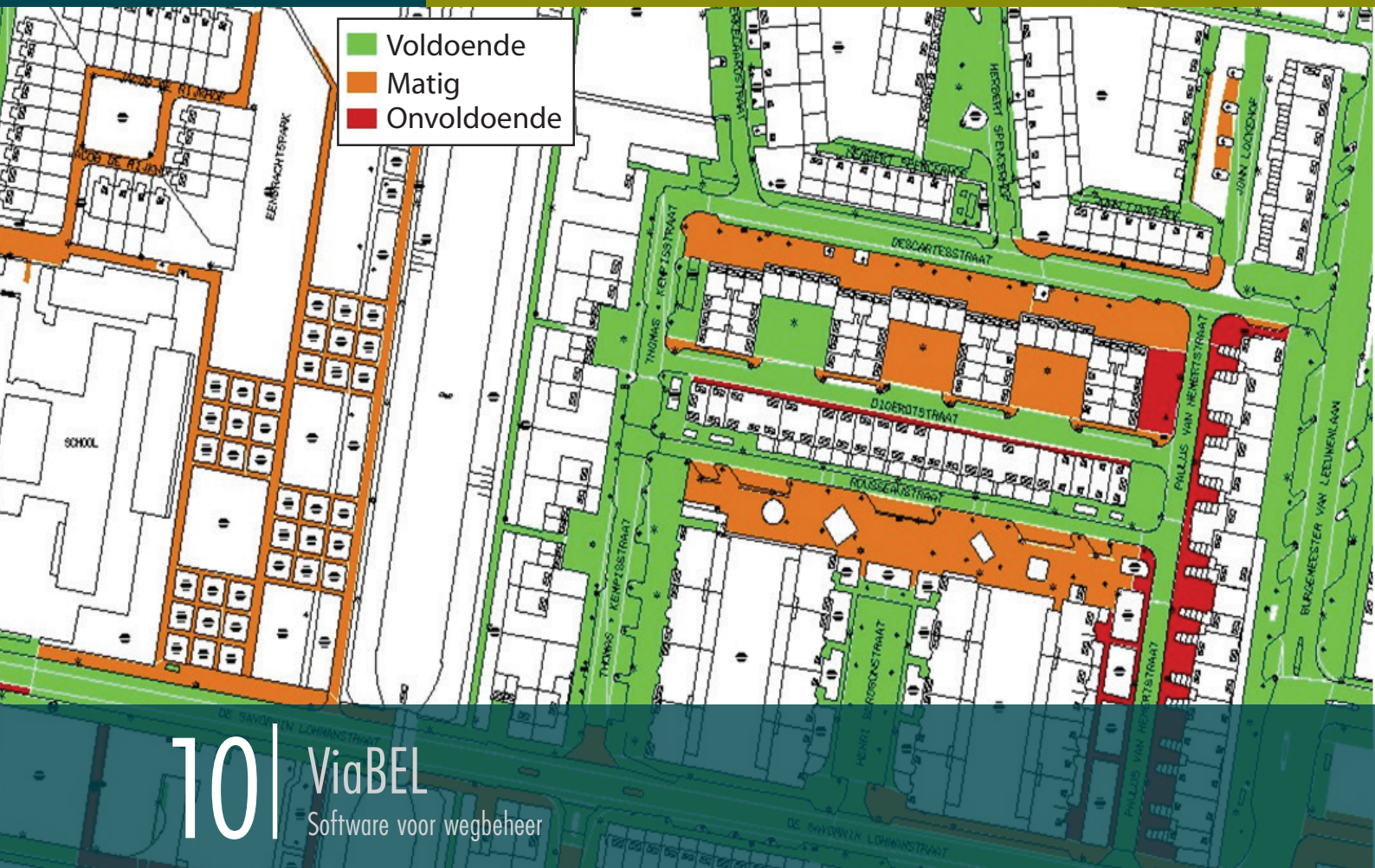
✓ WEGOPPERVLAK

✓ WEGOPBOUW

✓ DOE-HET-ZELF

Contact

Carl Van Geem: +32 10 23 65 22;
c.vangeem@brrc.be



10 | ViaBEL
Software voor wegbeheer

Doel

ViaBEL-software is een eenvoudig instrument (tool) voor het beheer van voornamelijk gemeente- of gelijksoortige wegennetten, dat steunt op (twee)jaarlijkse visuele wegininspecties. Het is een hulpmiddel om een objectieve, kosteneffectieve strategie en planning voor preventief en curatief onderhoud op middellange termijn (drie tot tien jaar) uit te werken, waarbij rekening wordt gehouden met de verwachtingen van de betrokken actoren. De leidraad is "Beter voorkomen dan genezen".

Werkingsprincipe – Methodiek

Voor een objectieve, kosten-effectieve strategie en planning voor preventief en curatief onderhoud is een wegbeheersysteem (*Pavement Management System* – PMS) met een **eenduidige systematiek** onmisbaar.

Daarbij worden de volgende **fasen** doorlopen:

1. bepaling van de actoren, verwachtingen en doelstellingen;
2. bepaling van de meetbare indicatoren om de doelstellingen uit te drukken;
3. beoordeling van het wegennet, om de waarden van de gekozen indicatoren te bepalen;
4. planning van de maatregelen om de algemene staat van het wegennet te verbeteren (volgens de verwachtingen van de actoren);
5. voorbereiding en uitvoering van de werkzaamheden (project-niveau) voor maatregelen die in de vorige fase zijn bepaald;
6. jaarlijkse herhaling van de fasen 3, 4 en 5.

De resultaten van de fasen 1 en 2 dienen soms te worden herzien, om rekening te houden met veranderende verwachtingen, prioriteiten, nieuwe indicatoren of beoordelingssystemen.

Deze algemene aanpak wordt gevolgd voor zowel zeer uitgebreide en gedetailleerde systemen die slechts in zeldzame gevallen voor specifieke wegennetten worden toegepast als voor zeer eenvoudige systemen die wegbeheerders voor een standaardwegennet kunnen toepassen.

Voor de concrete invulling bestaan **beheersinstrumenten** (*tools*),

waaronder in de eerste plaats indicatoren, die echter nog verder kunnen worden verfijnd (onder meer voor de verwerking van nieuwe verwachtingen). Het eenvoudigste voorbeeld is het systeem om visuele inspectiegegevens in een objectieve *visuele index* (I_v) om te zetten.

Geregeld plaatselijk onderhoud kost weinig en is vaak de verstandigste aanpak. Met behulp van specifieke software, die bijvoorbeeld steunt op evolutiemodellen en indicatoren om, rekening houdend met het verkeer, het verloop van de staat van de weg te schatten, kunnen wegbeheerders de geschikte maatregelen kiezen.

De ViaBEL-software, die steunt op een aanpak van het OCW (MN 94) en door de DG Groep wordt gecommmercialiseerd als module van de "GISIB"-software voor *asset management*, zet visuele inspectiegegevens in een *visuele index* (I_v) om. De waarde van I_v is de score voor een geïnspecteerd weggedeelte op basis van waargenomen en tijdens de inspectie gemeten schadebeelden. Meting van de langsonvlakheid (cf. APL) leidt tot een *structurele index* (I_s). De waarde van I_s is de score voor een geïnspecteerd weggedeelte op basis van de variatie van de met de APL gemeten langsonvlakheid. De ViaBEL-software benut de correlatie tussen beide indices om met een vooraf bepaalde formule een *structurele index* (I_s) te bepalen uit de *visuele index* (I_v) in plaats van uit APL-metingen op het wegennet. Door toepassing van evolutiemodellen wordt de *globale index* (I_g) berekend. Dat

is het gemiddelde van de *visuele index* (I_v) en de *structurele index* (I_s). Visuele inspectie, bepaling van de indices en evolutiemodellen zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden.

Als voor een gegeven wegvak de voorspelling van de evolutie van de *globale index* (I_g) een grenswaarde bereikt, wordt voor dat wegvak een onderhoudsmaatregel voorgesteld. Door de kostprijs per m^2 toe te voeren, kan de ViaBEL-software de jaarlijkse kosten voor de voorgestelde onderhoudsmaatregelen berekenen. Er zijn achttien vooraf bepaalde strategieën met verschillende onderhoudsmaatregelen beschikbaar. De verschillende strategieën, de bijbehorende kosten en het verwachte verloop van de staat van het wegennet kunnen aan elkaar worden afgetoetst. Zo kan ook het nut van specifieke preventieve maatregelen op bepaalde wegen aangetoond worden.

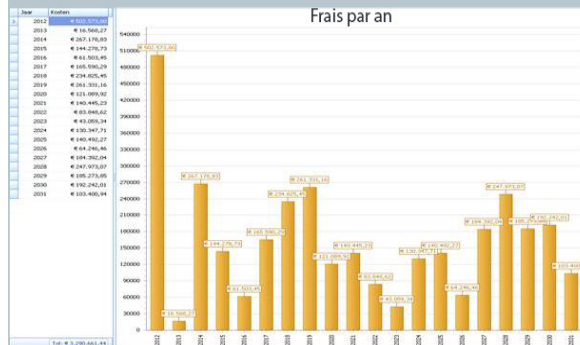
Het gaat om een echt wegbeheersysteem want ViaBEL biedt een systematische beslissingsaanpak (na reflectie over actoren en verwachtingen – fase 1) op basis van een indicator voor de staat van het weggoppervlak (fase 2), die tijdens een jaarlijkse inspectie (iteratieve fase 3) is "gemeten". Het is een beslissingshulp bij het plannen van onderhoudsmaatregelen (fase 4).

Resultaten

De ViaBEL-software is verbonden met een database die het wegennet in wegvakken en wegvakonderdelen opdeelt en voor elk niveau heel wat informatie kan bevatten. Op die manier kunnen de berekeningsresultaten in diverse vormen (diagram, tabel, kaart), op netwerkniveau of per wegvak of wegvakonderdeel, volgens parameter (kosten, kwaliteit) of voor verschillende strategieën naast elkaar worden voorgesteld.

Staafdiagram

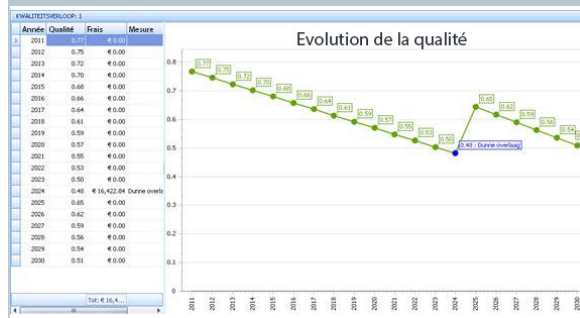
De kosten per jaar voor de voorgestelde maatregelen van een strategie kunnen in een staafdiagram worden weergegeven (figuur 1).



Figuur 1 – Verloop van de kosten per jaar voor de voorgestelde maatregelen van een strategie

Lijndiagram

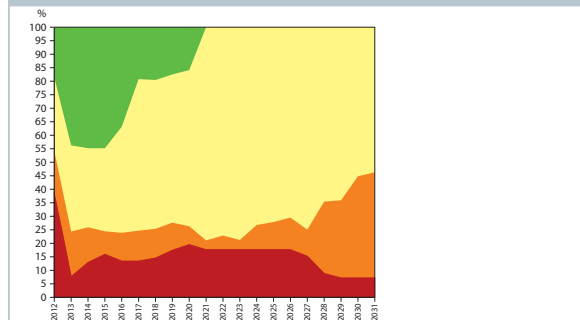
Voor elk wegvakonderdeel kan het verloop van de indicator voor de voorgestelde maatregelen in een lijndiagram worden weergegeven (figuur 2).



Figuur 2 – Verloop van de kwaliteit voor een wegvakonderdeel

Kleurendiagram

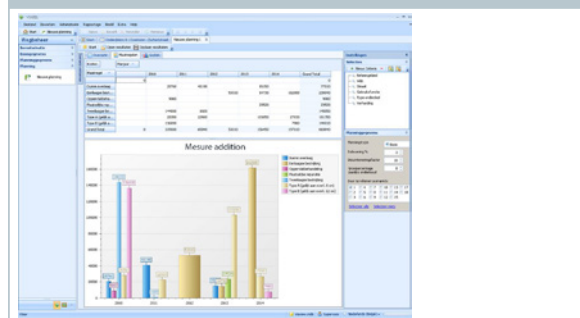
Op netwerkniveau kan het verloop van de kwaliteit op een kleurendiagram (figuur 3) worden weergegeven, met op de y-as het percentage van het wegennet in goede (groen) of slechte (rood) staat.



Figuur 3 – Verloop van de globale index (I_g) op netwerkniveau

Tael

Op netwerkniveau kunnen de kosten per jaar voor elke maatregel ook in een tabel worden weergegeven (figuur 4).



Figuur 4 – Kosten per jaar voor elke maatregel

Kaart

De informatie kan in een getekende of Googlekaart worden overgebracht (figuren 5 en 6).



Figuur 5 – Kaarten met een overzicht van de kwaliteit



Figuur 6 – Kaart met een overzicht van alle voorgestelde maatregelen

Acceptatiegrenzen

Voor de ViaBEL-software wordt de kwaliteit van een wegvakonderdeel uitgedrukt in een waarde voor de globale index (I_G). Op basis van die waarde wordt het wegvakonderdeel ondergebracht in een I_G -klasse, die verbonden is met aanbevolen onderhoudsmaatregelen (figuur 7). De indeling in I_G -klassen steunt op drie grenswaarden (0,8, 0,5 en 0,3), die de technische kwaliteitgrens uitdrukken en aangeven wanneer het uit kosten oogpunt voordeliger is de maatregelen van een andere categorie toe te passen. De maximale waarde voor de globale index (I_G) is 0,9.

I_G-klassen	Onderhoudsmaatregel	Commentaar
$0,9 \geq I_G > 0,8$	Routineonderhoud	Geen reparaties nodig
$0,8 \geq I_G > 0,5$	Plaatselijke reparaties	Alleen plaatselijke schade repareren
$0,5 \geq I_G > 0,3$	Algemene reparaties	Bovenste lagen over de gehele lengte van het wegvakonderdeel repareren
$0,3 \geq I_G$	Versterking	Structurele aanpak over de gehele lengte van het wegvakonderdeel

Figuur 7 – Tabel met I_G -klassen en verbonden onderhoudsmaatregelen

Prestaties

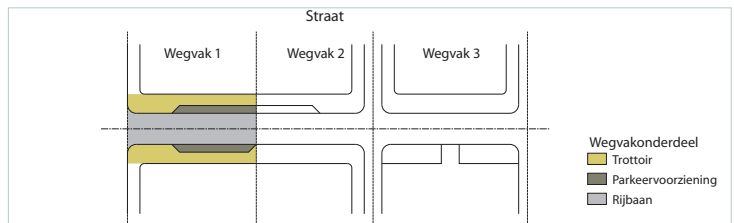
De inventarisatie van het wegennet en het opzetten van een database is een eenmalige, maar zeer belangrijke opdracht. De opdeling van het wegennet in wegvakken en wegvakonderdelen vormt immers de basis van de berekeningen.

Daarna dienen enkel (twee)jaarlijkse inspecties te worden verricht.

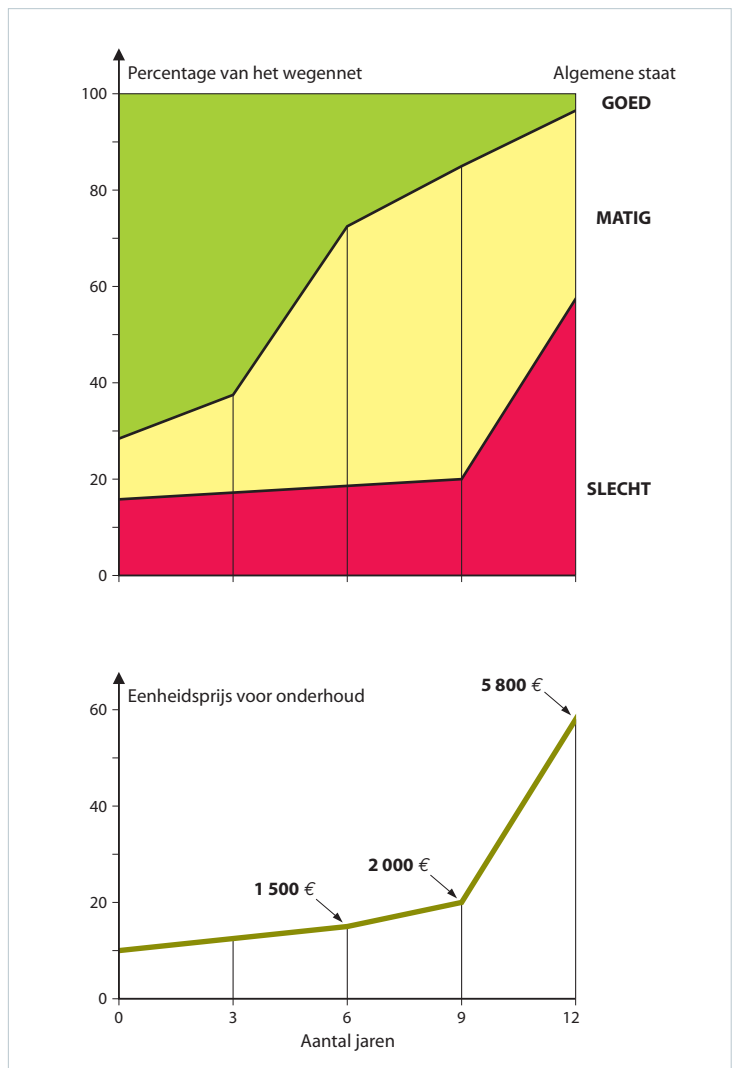
De berekeningen verlopen snel en kunnen zo vaak als nodig worden herhaald.

De gebruiker kan parameters laten variëren, om alternatieve oplossingen te toetsen of om met veranderde omstandigheden rekening te houden.

Als (relatief goedkoop) preventief onderhoud niet wordt uitgevoerd, kunnen enkele jaren later (veel duurdere) grondige onderhoudsmaatregelen noodzakelijk zijn. De verhouding tussen de kosten voor een "algemene maatregel" waarbij enkel de bovenste lagen van de wegconstructie worden aangepakt en de kosten voor een "structurele ingreep" tot aan de fundering (of dieper) kan worden geraamd op factor 4. Een wegbeheersysteem helpt wegbeheerders om tijdig gepaste onderhoudsmaatregelen uit te voeren.



Figuur 8 – Opdeling van het wegennet in wegvakken en wegvakonderdelen



Figuur 9 – Verhouding tussen de kosten

Beperkingen

Net zoals andere wegbeheersystemen biedt de ViaBEL-software wegbeheerders enkel ondersteuning bij strategische keuzen op netwerkniveau. Hoewel informatie uit de inspecties voor ViaBEL-berekeningen soms ook op projectniveau kan worden gebruikt, zijn voor elk project diepgaandere voorbereidingen nodig.

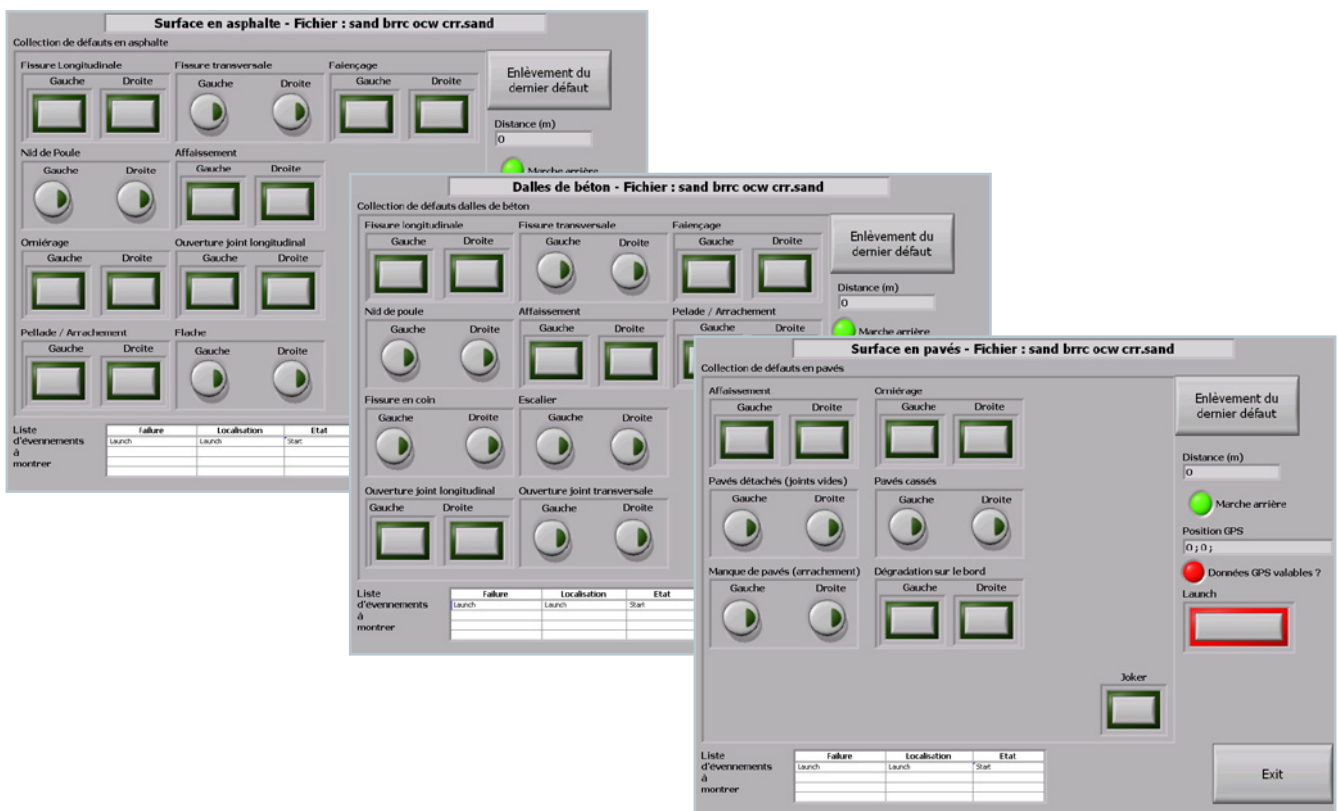
De visuele inspecties voor ViaBEL-berekeningen hebben enkel betrekking op een klein aantal, vooraf geselecteerde schadebeelden (figuur 10). Tijdens de visuele inspectie van het wegooppervlak kan enkel zichtbare

schade worden waargenomen en geregistreerd. Onder recente oppervlakbehandeling kunnen structurele onvolkomenheden verborgen zijn. Een "nieuw" oppervlak kan dan sneller dan (door de evolutiemodellen) verwacht schade vertonen. Daarom dienen visuele inspecties geregeld te worden herhaald.

De wegbeheerder kan ook de prioriteiten wensen te wijzigen, bijvoorbeeld om weg- en rioleringswerkzaamheden of werkzaamheden aan verschillende wegvakken op elkaar af te stemmen, samen te voegen of

gefaseerd uit te voeren zodat de verkeershinder beperkt blijft. Omdat deze randvoorwaarden per geval kunnen verschillen, zijn ze niet meegenomen in de ViaBEL-software.

De ViaBEL-software is minder geschikt voor berekeningen voor autosnelwegennetten en vliegveldbanen. Voor dergelijke toepassingen zijn gespecialiseerde beheertechnieken en -software beschikbaar.



Figuur 10 – Tijdens visuele inspectie geregistreeerde schadebeelden voor de hoofdsoorten van wegverhardingen (asfaltbeton-, cementbeton- en elementenverhardingen)

Complementari- teit van de meetresultaten

Niet van toepassing.

Verwante technieken en methoden

- Visuele inspectie voor wegen-
netbeheer, Meetmethode MN
89/15 van het OCW.

Veiligheid – Signalering

Niet van toepassing.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen		
Gemeente- en stedelijke wegen		✓
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen		✓
Private wegen		✓
Haventerreinen		✓
Vliegveldbanen		

Literatuur

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (2015)

Visuele inspectie voor wegennetbeheer.

Brussel : OCW. (Meetmethode, MN 89/15).

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (2018)

Beheersystemen voor secundaire en lokale wegennetten – De OCW-systematiek.

Brussel : OCW.

(Meetmethode, MN 94).

Van Geem, C. & Massart, T. (2018)

Implementation and benefits of a low cost PMS for municipal road networks.

In : Proceedings of the 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure (CETRA), Zadar, Croatia, May 17-19, 2018.

Van Geem, C. & Massart, T. (2017)

Quality insurance of visual inspections for pavement management of communal road networks.

In : Proceedings of the World Conference on Pavement and Asset Management (WCPAM), Milan, Italy, June 12-16, 2017.

Casse, C., Van Geem, C. & Diederiks, K. (2013)

La gestion du patrimoine : illustration de la complexité du sujet et des développements futurs à la lumière des projets ERA-NET ROAD et illustration avec un cas particulier.

In : 22ième congrès belge de la route, Liège, septembre 11-13, 2013. 15 p. Bruxelles : Association Belge de la Route (ABR).

Van Geem, C., Casse, C., Adolfs, T. & Diederiks, K. (2012)

ViaBEL : a tool for decision processes in pavement management of secondary road networks in Belgium.

In : Proceedings of the 4th European pavement and asset management conference (EPAM 2012), Malmö, Sweden, September 5-7, 2012. 12p. Gotenborg : Swedish Traffic Administration ; Paris : World Road Association (PIARC).

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



Instrumenten voor wegbeheerders

11 | CPX

Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 11 CPX – Geluidsmetingen volgens de *Close Proximity* (CPX)-methode / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 12 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 11 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 11 – **CPX**
Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity*
(CPX)-methode

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



TOOL

✓ PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

✓ WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Anneleen Bergiers: +32 2 766 03 17;
a.bergiers@brrc.be



11 | CPX

Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode

Doel

De *Close ProXimity* (CPX)-methode is een methode waarbij het band-wegdekgeluid wordt gemeten met behulp van microfoons dicht bij de band van een wiel dat over een wegdek rolt. Het hoofddoel van de CPX-methode is zowel de akoestische kwaliteit als de homogeniteit van een wegverharding over een bepaald traject te beoordelen.

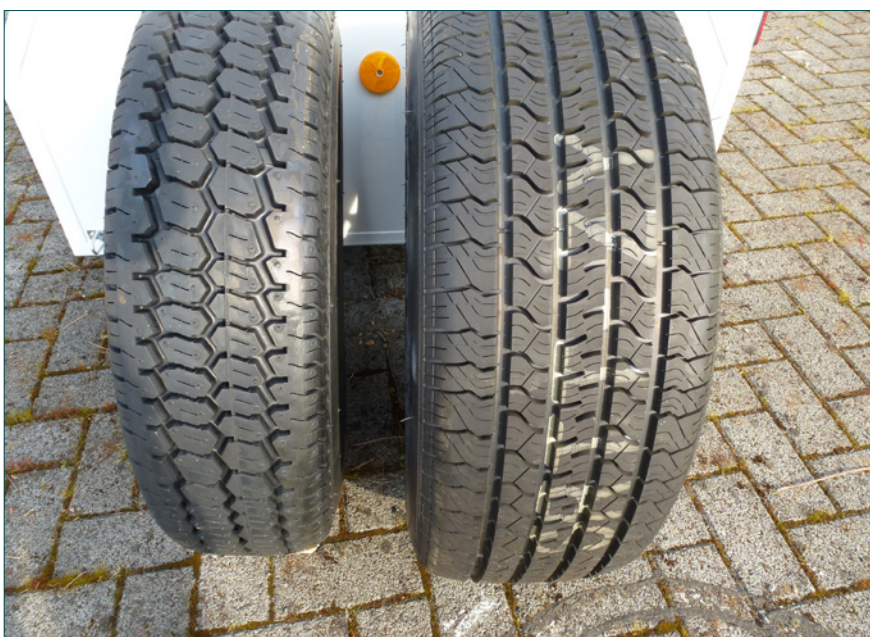
De CPX-methode wordt onder andere gebruikt voor de classificatie van wegdekken naar akoestische kwaliteit, voor de beoordeling van de invloed van een bepaalde ingreep in de wegverharding op de geluidsproductie, voor het volgen van de akoestische kwaliteit van een wegdek in de tijd en bij de initiële akoestische keuring naar aanleiding van de oplevering van wegdekken.

Werkingsprincipe – Methodiek

Bij deze methode bevinden zich dus microfoons dicht bij de band van een wiel dat over het te testen oppervlak rijdt. In tegenstelling tot de *Statistical Pass-By* (SPB)-methode, waarbij de meting in het “verre veld” plaatsvindt, wordt hier in het “nabije veld” gemeten. Het wiel kan ofwel verwerkt zitten in een speciaal voor dit doel ontworpen aanhangwagen, zoals bij de CPX-trailer van het OCW, ofwel gewoon deel uitmaken van het testvoertuig. De microfoons worden op een twintigtal centimeters van de flank van de band geplaatst. Deze methode vergt de allergrootste zorg om te vermijden dat de meting verstoord wordt door lawaai afkomstig van storende geluiden zoals luchturbulenties, structuurgeluiden van de aanhangwagen, de motor of uitlaat van het testvoertuig, enz.

De specificaties van deze methode zijn vastgelegd in ISO-norm 11819-2, in het bijzonder ook de microfoonposities. Deze blijken immers een grote invloed uit te oefenen op de meetresultaten.

De CPX-meetaanhangwagen rijdt over het te meten wegvak met een referentiesnelheid van 50, 80 of 110 km/h. De metingen worden uitgevoerd met twee soorten referentiebanden: de P1-band en de H1-band, respectievelijk kenmerkend voor de geluidsproductie van personenwagen- en vrachtwagenbanden (figuur 1). Deze referentiebanden worden beschreven in ISO/TS 11819-3.



Figuur 1 – Referentiebanden (links: H1, Rechts: P1)

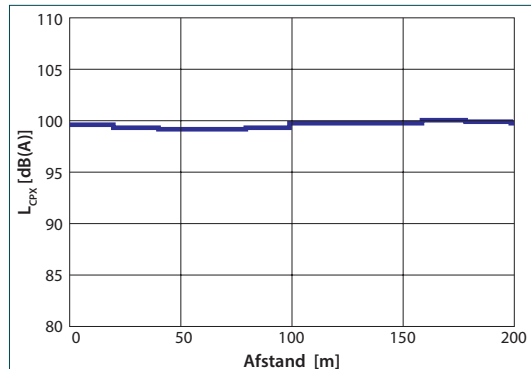
Er wordt een correctie voor de luchttemperatuur uitgevoerd, die afhankelijk is van het type wegdek. De procedure voor temperatuurcorrectie staat beschreven in ISO/TS 13471-1.

Resultaten

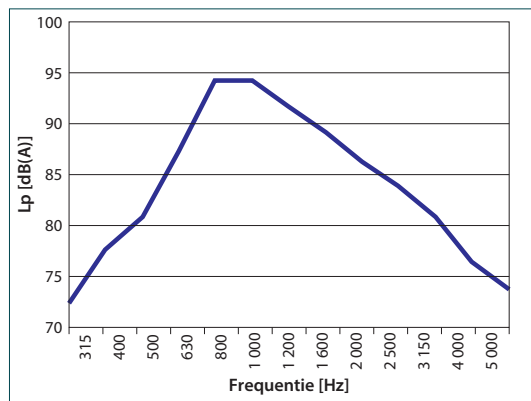
Het verkregen resultaat is een CPX-geluidsniveau, dat het totale opgemeten wegvak karakteriseert voor lichte voertuigen ($L_{CPX:P}$) en voor zwaar verkeer ($L_{CPX:H}$). Hieruit kan de CPX-index $L_{CPX:I}$ worden berekend, als gewogen gemiddelde van het CPX-geluidsniveau voor lichte voertuigen ($L_{CPX:P}$) en het CPX-geluidsniveau voor zwaar verkeer ($L_{CPX:H}$).

Ook het geluidsniveau per 20 m weglengte (L_{CPX}) en het tertsbandspectrum van het totale opgemeten wegvak kunnen worden weergegeven (315 – 5 000 Hz). Deze resultaten worden weergegeven in een grafiek. De meetmethode geeft dus ook een beeld van de homogeniteit van het wegdek over de gemeten lengte. De figuren 2 en 3 tonen het resultaat van een CPX-meting over een lengte van 200 m op SMA-C van twee jaar oud (maximale korrelgrootte 10 mm), bij 80 km/h uitgevoerd met de P1-band.

Desgewenst kan het geluidsniveau ook per 100 m weglengte worden berekend. Het resultaat wordt in tabelvorm weergegeven.



Figuur 2 – CPX-geluidsniveau per 20 m weglengte



Figuur 3 – Tertsbandspectrum

Acceptatiegrenzen

Als er specifieke acceptatiegrenzen zijn, worden ze in het bestek vermeld. Er bestaat echter nog geen classificatie van wegdekken volgens akoestische kwaliteit. De hiernavolgende classificatie is gebaseerd op meetervaringen van het Vlaams Agentschap Wegen en Verkeer en kan ter indicatie worden gebruikt voor metingen bij 80 km/h met een P1-band. Dezelfde classificatie wordt momenteel in Wallonië gebruikt door de *Service Public de Wallonie* (SPW) voor metingen met P1-band en H1-band bij 80 km/h.

Rolgeluidsniveau CPX	Klasse
≤ 96,0 dB(A)	Zeer stil
> 96,0 dB(A) ≤ 98,0 dB(A)	Stil
> 98,0 dB(A) ≤ 100,0 dB(A)	Normaal
> 100,0 dB(A) ≤ 102,0 dB(A)	Luid
> 102,0 dB(A)	Zeer luid

Vlaanderen

Metingen en proeven

Het Vlaamse standaardbestek SB 250 beschrijft de meting van het rolgeluid met de CPX-methode in Hoofdstuk 14 paragraaf 4.23.4:

Het rolgeluid wordt gemeten met de CPX-methode volgens ISO/CEN 11819-2:

- gemeten met twee SRTT-banden, één in elk wielspoor;
- de trailer is van het gesloten type;
- de meetsnelheid is 80 km/h;
- bij een luchttemperatuur tussen de 5 °C en 30 °C.

Het rolgeluid wordt gemeten per 20 m en herleid tot de temperatuur van 20 °C.

Het gemiddelde rolgeluid per hm CPX_m is het gemiddelde van de 20 m-resultaten.

Cementbetonverhardingen

Standaardbestek SB 250 beschrijft in Hoofdstuk 6 paragraaf 1.6.3.10.D eisen die worden gesteld bij de controle van het rolgeluid op verhardingen die aangelegd zijn met een tweelaags beton voor bouwklasse B1-B5: het gemiddelde rolgeluid per hm voldoet aan $CPX_m \leq CPX_{m,max} = 99,0$ dB(A).

Bitumineuze verhardingen

Standaardbestek SB 250 beschrijft in Hoofdstuk 6 paragraaf 2.6.2.6.D de eisen bij rolgeluidscontroles op verhardingen met een geluidarme toplaag (AGT). Deze geluidarme toplagen worden ingedeeld in twee klassen (klasse I = stil, klasse II = heel stil). Ook de eisen bij voorlopige oplevering op verhardingen met een toplaag SMA-D zijn opgenomen.

Het gemiddelde rolgeluid CPX_m per hm voldoet bij de voorlopige en de definitieve oplevering aan de eisen van de volgende tabel:

Meetmoment		SMA-D	AGT klasse I	AGT klasse II
Voorlopige oplevering	CPX _{m, max}	96,0 dB(A)	96,0 dB(A)	93,0 dB(A)
Definitieve oplevering				
1 jaar	CPX _{m, max}	–	97,0 dB(A)	95,0 dB(A)
2 jaar	CPX _{m, max}	–	98,0 dB(A)	97,0 dB(A)
3 jaar	CPX _{m, max}	–	99,0 dB(A)	98,0 dB(A)
5 jaar	CPX _{m, max}	–	(*)	(*)

(*) te bepalen in de opdrachtdocumenten

Korting wegens minderwaarde

In SB 250 staan in Hoofdstuk 6 paragrafen 1.7.10.4 en 2.7.6.4, respectievelijk voor cementbetonverhardingen en bitumineuze verhardingen, kortingen wegens minderwaarde beschreven aan de hand van een refactieformule, wanneer het gemiddelde rolgeluid per hm CPX_m groter is dan het toegelaten gemiddelde rolgeluid CPX_{m,max} en kleiner dan CPX_{m,max} + 3 dB(A).

Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Geen vermelding in het Typebestek (TB).

Wallonië

Hoewel er momenteel nog geen vermelding is in *CCT Qualiroutes*, is er bij *Service Public de Wallonie* (SPW) wel al sprake van om dit in de toekomst ook op te nemen.

Prestaties

Capaciteit

Metingen over langere afstand zijn mogelijk. Zo kan de rechthoekige strook van een volledige autosnelweg op enkele uren tijd continu worden opgemeten.

Snelheid tijdens metingen

De referentiesnelheid tijdens de uitvoering bedraagt 50, 80 of 110 km/h. Andere snelheden zijn ook mogelijk als dat om technische of veiligheidsredenen nodig is, maar zijn niet conform de aanbevolen referentiesnelheden beschreven in ISO 11819-2.

Meting

Metingen met de CPX-aanhangwagen zijn herhaalbaar en reproduceerbaar.

Beperkingen

- Gezien de omvang, het gewicht en de vereiste constante snelheid tijdens de uitvoering kan de CPX-aanhangwagen niet op alle locaties worden ingezet.
- Het wegdek moet droog zijn.
- Tijdens de metingen moet de luchttemperatuur tussen 5 en 30 °C liggen.
- De windsnelheid mag niet hoger zijn dan 10 m/s.
- Het geteste wegdek moet minstens 20 m lang zijn en is bij voorkeur langer dan 100 m.
- Het geteste wegdek vertoont geen bocht met een straal kleiner dan 250 m bij 50 km/h en kleiner dan 500 m bij 80 km/h, aangezien dit de meetresultaten beïnvloedt.
- Er dient voorzichtig te worden omgegaan met metingen in tunnels vanwege mogelijke geluidreflecties, en bij opwaartse hellingen steiler dan 1:20 vanwege een mogelijke invloed van het motorgeluid op het meetresultaat.
- Bij metingen over langere afstand (zoals op een autosnelweg) wordt de meting soms verstoord door specifieke verkeerssituaties zoals lawaaiige motorfietsen en obstructies zoals invoegende voertuigen en vrachtwagens die verhinderen dat er met een continue snelheid kan worden gemeten. Hierdoor ontbreken in dit geval soms enkele honderden meters meting.
- Aanwezigheid van verkeersremmende maatregelen zoals verkeersplateaus kan de metingen bemoeilijken. Ze kunnen zelfs schade veroorzaken aan de CPX-aanhangwagen aangezien deze laag bij de grond hangt.

Complementariteit van de meetresultaten

Het kan nuttig zijn de resultaten van CPX-metingen te toetsen aan die van technieken of methoden voor de bepaling van andere oppervlakkenmerken, aangezien deze de akoestische kwaliteit van het wegdek beïnvloeden:

- textuurmetingen;
- absorptiemetingen;
- metingen van de mechanische impedantie.

Het is mogelijk de IMAJBOX® van het OCW op het meetvoertuig te monteren (figuur 4), om gegeolokaliseerde foto's te maken die vervolgens aan de metingen kunnen worden gekoppeld.



Figuur 4 – IMAJBOX® van het OCW

Verwante technieken en methoden

SPB-geluidsmetingen

Op te merken valt dat absolute waarden van CPX-metingen niet vergeleken kunnen worden met absolute waarden van SPB-metingen. CPX-metingen omvatten enkel het lawaai afkomstig van de interactie tussen band en wegdek, terwijl SPB-metingen het volledige voertuiglawaai in rekening brengen. CPX-meetresultaten zijn veel hoger, omdat er zo dicht bij de geluidsbron (de band) gemeten wordt. De CPX-methode is minder gevoelig voor de absorberende eigenschappen van het wegdek. Bij de SPB-methode wordt het meetresultaat beïnvloed door absorptie- en voortplantingseffecten. In het Europese KP7-project ROSANNE werd een

uitgebreide studie gedaan naar de correlatie tussen SPB- en CPX-metingen. Als resultaat werden enkele formules gedefinieerd om van SPB- naar CPX-meetresultaat om te rekenen en vice versa. Dit introduceert echter steeds een extra onzekerheid.

Geluidsmetingen volgens de OBSI-methode

In de Verenigde Staten wordt de *On-Board Sound Intensity* (OBSI)-methode gebruikt. De resultaten van de CPX- en OBSI-methode zijn niet rechtstreeks vergelijkbaar, aangezien ze op verschillende meetprincipes en andere microfoonposities zijn gebaseerd. Er wordt ook bij andere referentiesnelheden gemeten. Bij de CPX-methode wordt de geluidsdruk gemeten, bij de OBSI-methode de geluidsintensiteit. Deens onderzoek toonde wel aan dat er een goede correlatie is tussen de meetresultaten.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	✓
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen		
Private wegen	✓	✓
Haventerreinen	✓	✓
Vliegveldbanen	✓	✓

Het meetvoertuig is goed zichtbaar en uitgerust met de reglementaire signalering (zebrastrepen, zwaailicht, enz.) van het gewest of land waar de metingen worden verricht. Extra maatregelen zijn meestal niet nodig wanneer de snelheid tijdens de uitvoering met die van de andere weggebruikers overeenstemt.

Wanneer er metingen worden gevraagd bij een snelheid die niet overeenstemt met die van de andere weggebruikers (bv. een CPX-meting bij 80 km/h op de snelle linker- of middelste rijstrook van een autosnelweg) of op een locatie waar onder normale omstandigheden geen verkeer rijdt (bv. op de vluchtstrook), dient in de nodige signalering te worden voorzien om de veiligheid van het meetvoertuig te garanderen.

Nationaal Bureau voor Normalisatie (2001)

NBN EN ISO 11819-1 : Akoestiek : meting van het wegoppervlak op het verkeerslawaai. Deel 1, methode voor de statistische bepaling van het geluid van voorbijrijdende voertuigen.
Brussel : NBN.

Nationaal Bureau voor Normalisatie (2017)

NBN EN ISO 11819-2 : Acoustics : measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 2, the close-proximity method.
Brussel : NBN.

International Organisation for Standardization (2017)

ISO/TS 11819-3 : Acoustics : measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 3, reference tyres.
Genève : ISO.

International Organisation for Standardization (2017)

ISO/TS 13471-1 : Acoustics : temperature influence on tyre/road noise measurement. Part 1, correction for temperature when testing with the CPX method.
Genève : ISO.

Vlaamse Overheid – Agentschap Wegen en Verkeer (2019)

Standaardbestek 250 voor de wegenbouw [versie 4.1]. Hoofdstuk 6, Hoofdstuk 14.
Brussel : AWV.

European Commission (s.d.)

Rosanne-project : rolling resistance, skid resistance, and noise emission measurement standards for road surfaces.
Brussels : EC. <http://rosanne-project.eu/> Laatst geraadpleegd 30/04/2019.

Kragh, J. (ed.) (2014)

ROSANNE. Deliverable D2.3, report on the analysis and comparison of existing noise measurement methods for noise properties of road surfaces.
Brussels : European Commission (EC). <http://www.rosanne-project.eu/documents?id=7299> Laatst geraadpleegd 30/04/2019.

American Association of State Highway and Transportation Officials (2015)

AASHTO TP 76 : standard method of test for measurement of tire/pavement noise using the on-board sound intensity (OBSI) method.
Washington : AASHTO.

Oddershede, J., Bendtsen, H., Kragh, J., Sohaney, R. & Rasmussen, R. (2013)

CPX – OBSI relation in tyre/road noise measurement results.
In : Noise control for quality of life : proceedings of the 42nd international congress and exposition on noise control engineering (INTERNOISE), Innsbruck, Austria, September 15-18, 2013.
S.l. : International Institute of Noise Control Engineering (I-INCE) ; Innsbruck : Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung (ÖAL).

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



Instrumenten voor wegbeheerders

12 | Meting van de macro- en megatextuur van
wegdekken met de laserprofielmeter

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnosetools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 12 Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 12 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 12 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 12 – **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



TOOL



PROJECTNIVEAU



NETWERKNIVEAU



WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Luc Goubert: +32 2 766 03 51;

l.goubert@brrc.be



12 | Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter

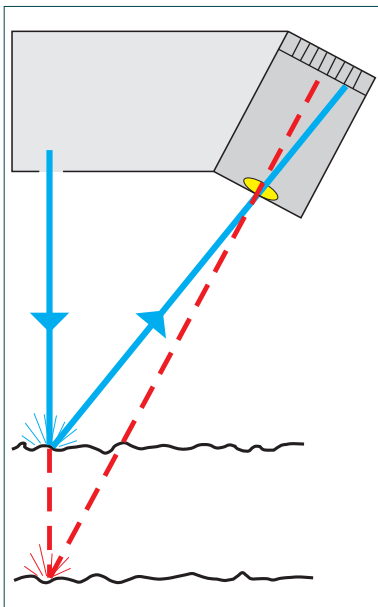
Doel

De textuur van een wegdek kan worden gemeten met verschillende doelstellingen:

- het bepalen van de gemiddelde profieldiepte in een wegvak, hierna aangeduid met de Engelse afkorting MPD (*Mean Profile Depth*). De MPD is van belang voor de natte stroefheid bij hogere snelheden en blijkt ook een goede maat voor de invloed van de macro- en megatextuur op de rolweerstand van wegdekken (en dus het brandstofverbruik van voertuigen die over de weg rijden);
- het bepalen van het textuurspectrum, waarbij met behulp van een model de akoestische kwaliteit van het wegdek kan worden bepaald.

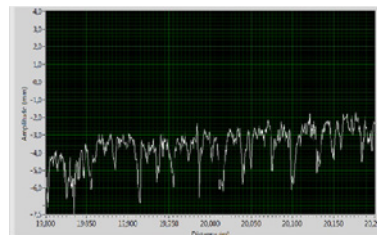
Werkingsprincipe – Methodiek

Heel wat moderne apparaten voor het meten van textuur in het macro- en megatextuurgebied zijn gebaseerd op het principe van "lasertriangulatie" (figuur 1): een laserstraal valt loodrecht op het te bemonsteren oppervlak en een speciale camera "kijkt" naar de lichtvlek op het wegdek. De camera is in staat de hoogte van de lichtvlek te bepalen.



Figuur 1 – Het principe van lasertriangulatie

Door het meetsysteem te verplaatsen (meestal, maar niet noodzakelijk evenwijdig met de as van de weg) en op vaste afstanden (de stapgrootte) de hoogte van de lichtvlek te meten en op te slaan, kan een tweedimensionaal profiel van het wegdek worden verkregen (figuur 2).



Figuur 2 – Fragment van een textuurprofiel (40 cm lang), gemeten op typisch dicht asfaltbeton



Er zijn twee mogelijkheden om de meting uit te voeren:

- ofwel wordt de laserprofielmeter (laser + camera) aan de achterbumper van het meetvoertuig (midden, linker- of rechter wielspoor) vastgemaakt en meet men het wegdekprofiel al rijdend (dynamische profielmeter – figuur 3, links);
- ofwel wordt laserprofielmeter in een speciaal daartoe bestemd aanhangwagentje geplaatst, dat tijdens de meting blijft stilstaan (statische laserprofielmeter – figuur 3, rechts). Bij deze laatste configuratie wordt de laserprofielmeter met een stapmotor voortbewogen over een rail met een lengte van 1,5 m. Op die manier kan de meetlocatie heel precies worden gecontroleerd.



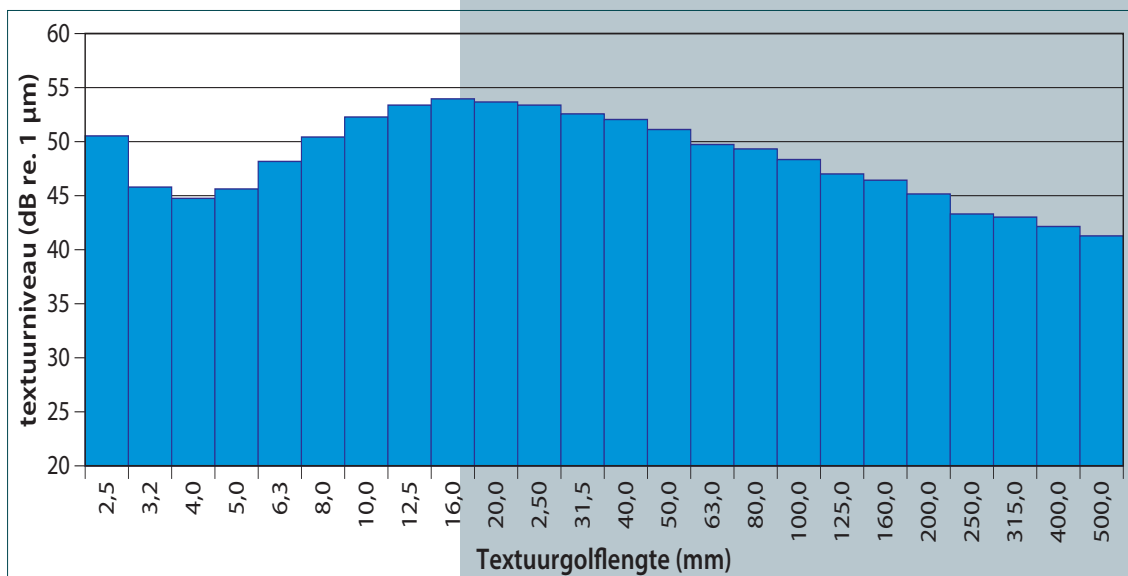
Figuur 3 – Laserprofielmeter in zijn dynamische opstelling (links; laser en camera zitten in het witte bakje) en in zijn statische opstelling (rechts)

Resultaten

Vóór de aanvang van de meting wordt een stapgrootte gekozen. De minimumstapgrootte wordt bepaald door de afmetingen van de laservlek en bedraagt 0,2 mm. Voor veel toepassingen, bijvoorbeeld de berekening van de MPD, volstaat een grovere stapgrootte van 1 mm en kan men besparen op data-opslagruimte en sneller rijden tijdens het meten. Het tweedimensionale

wegdekprofiel wordt opgeslagen in een meetbestand. Een speciale verwerkingssoftware in LabVIEW™ visualiseert het profiel of desgewenst delen ervan en berekent de MPD per 10 cm. De MPD-waarden of gemiddelden ervan over grotere intervallen (bijvoorbeeld per 100 m) worden in een afzonderlijk bestand opgeslagen.

Voor researchdoeleinden kan ook een tertsbandspectrum worden berekend van (delen van) een wegdekprofiel (figuur 4). Zo'n textuurspectrum geeft veel informatie over de akoestische kwaliteit van het wegdek.



Figuur 4 – Voorbeeld van een textuurspectrum van een SMA 0/14-wegdek

Acceptatiegrenzen Prestaties

Beperkingen

Vlaanderen

In Standaardbestek 250 versie 4.1 zijn bij **uitgewassen beton** minimale en maximale waarden vastgelegd voor de gemiddelde MPD per hectometer. Voor eenlaags uitgewassen beton bedraagt de minimale gemiddelde MPD-waarde 0,8 mm en de maximale gemiddelde MPD-waarde 1,5 mm. Voor tweelaags uitgewassen beton is dat respectievelijk 0,7 mm en 1,5 mm.

Wallonië

In *CCT Qualiroutes* wordt bij een **oppervlakbehandeling** een gemiddelde textuurdiepte (*Mean Texture Depth*, MTD) opgelegd van minimaal 0,5 mm en maximaal 2 mm. MTD wordt bepaald met de zogenaamde zandvlekproef (zie *Verwante technieken en methoden verderop*), maar kan eenvoudig worden berekend aan de hand van de MPD:

$$\text{MTD} = 0,2 \text{ mm} + 0,8 \times \text{MPD}$$

Dynamische laserprofielmeter

78 kHz-SELCOM-laserprofielmeter in zijn dynamische opstelling:

- meetlengte: in principe onbeperkt (enkel beperkt door het geheugen van de meetlaptop);
- meetsnelheid:
 - 40 km/h bij stapgrootte 0,2 mm;
 - 200 km/h bij stapgrootte 1 mm;
- verticaal meetbereik: 64 mm;
- verticale resolutie: 1 µm;
- horizontale resolutie: 0,2 mm.

Statische laserprofielmeter

78 kHz-SELCOM-laserprofielmeter in zijn statische opstelling:

- meetlengte: 1,5 m;
- meetsnelheid: 0,1 m/s;
- verticaal meetbereik: 64 mm;
- verticale resolutie: 1 µm;
- horizontale resolutie: 0,2 mm.

Het wegdek mag niet vervuild zijn (modder, bladeren, steenslag, enz.) en moet droog zijn. Wegdekken met een hoge glans, bijvoorbeeld pas aangebracht asfalt, kunnen problemen opleveren voor het optische systeem, omdat het laserlicht dan speculair wordt gereflecteerd en niet diffuus, waardoor de camera de laservlak dikwijls niet kan waarnemen. Een wegdek met veel diepe holten kan om dezelfde redenen eveneens problemen geven. Maar in de praktijk treden bij schone en droge wegdekken zelden problemen op.

Complementari- teit van de meetresultaten

Textuurmetingen worden vaak samen met geluidsmetingen uitgevoerd (akoestische evaluatie van een wegdek):

- *Statistical Pass-By-methode* (NBN EN ISO 11819-1:2001);
- *Close Proximity-methode* (ISO 11819-2:2017).

Textuurmetingen kunnen ook relevant zijn in combinatie met stroefheidsmetingen. De verschillende methoden die in Europa worden gebruikt, zijn opgesomd in CEN/TS 13036-6:2010.

Verwante technieken en methoden

De gemiddelde textuurdiepte (*Mean Texture Depth, of MTD*) is een parameter die wordt bepaald volgens de methode beschreven in NBN EN 13036-1:2010.

Veiligheid – Signalering

Dynamische laserprofielmeter

Bij een stapgrootte van 1 mm kan het meetvoertuig de gewone verkeersstroom volgen; ook op snelwegen zijn er geen speciale maatregelen nodig.

Statische laserprofielmeter

De installatie hindert heel plaatselijk het verkeer. Daarom wordt op voorhand toestemming gevraagd aan de bevoegde overheden.

Indien nodig wordt signalering aangebracht voor een werk van 6e categorie (volgens het Ministerieel Besluit van 7 mei 1999).

Iedere medewerker op de locatie draagt geschikte kleding en persoonlijke beschermingsmiddelen voor wegenwerken.

Het ondersteunende voertuig is voorzien van de reglementaire signalering naargelang van het land waar de metingen worden uitgevoerd.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	✓
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden	✓	
Fietspaden	✓	
Parkeervoorzieningen		
Private wegen	✓	
Haventerreinen		
Vliegveldbanen	✓	✓

Literatuur

Goubert, L. (2008)

Metten van de wegdekttextuur.

Brussel : OCW. (OCW leaflet, N 68).

Organisation internationale de normalisation (2019)

ISO 13473-1:2019 : karakterisering van de textuur van bestratingen met oppervlakprofielen. Deel 1, bepaling van de gemiddelde profieldiepte.

Brussel : ISO.

Nationaal Bureau voor Normalisatie (2010)

NBN EN 13036-1 : oppervlakeigenschappen voor weg- en vliegveldverhardingen : beproevingsmethoden. Deel 1, meting van de macrotextuurdiepte van een verhardingslaag met een volumetrische methode.

Brussel : NBN.

Nationaal Bureau voor Normalisatie (2001)

NBN EN ISO 11819-1 : akoestiek : meting van het wegoppervlak op het verkeerslawaai. Deel 1, methode voor de statistische bepaling van het geluid van voorbijrijdende voertuigen.

Brussel : NBN.

Nationaal Bureau voor Normalisatie (2017)

NBN EN ISO 11819-2 : acoustics : measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 2, the close-proximity method.

Brussel : NBN.

European Committee for Standardization (2010)

CEN/TS 13036-2 : road and airfield surface characteristics : test methods. Part 2, assessment of the skid resistance of a road pavement surface by the use of dynamic measuring systems.

Brussels : CEN.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



13 |

Instrumenten voor wegbeheerders

Waarneming van verkeer en conflicten met camera's

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 13 Waarneming van verkeer en conflicten met camera's / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 12 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 13 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 13 – **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



TOOL



PROJECTNIVEAU

NETWERKNIVEAU

WEGOPPERVLAK

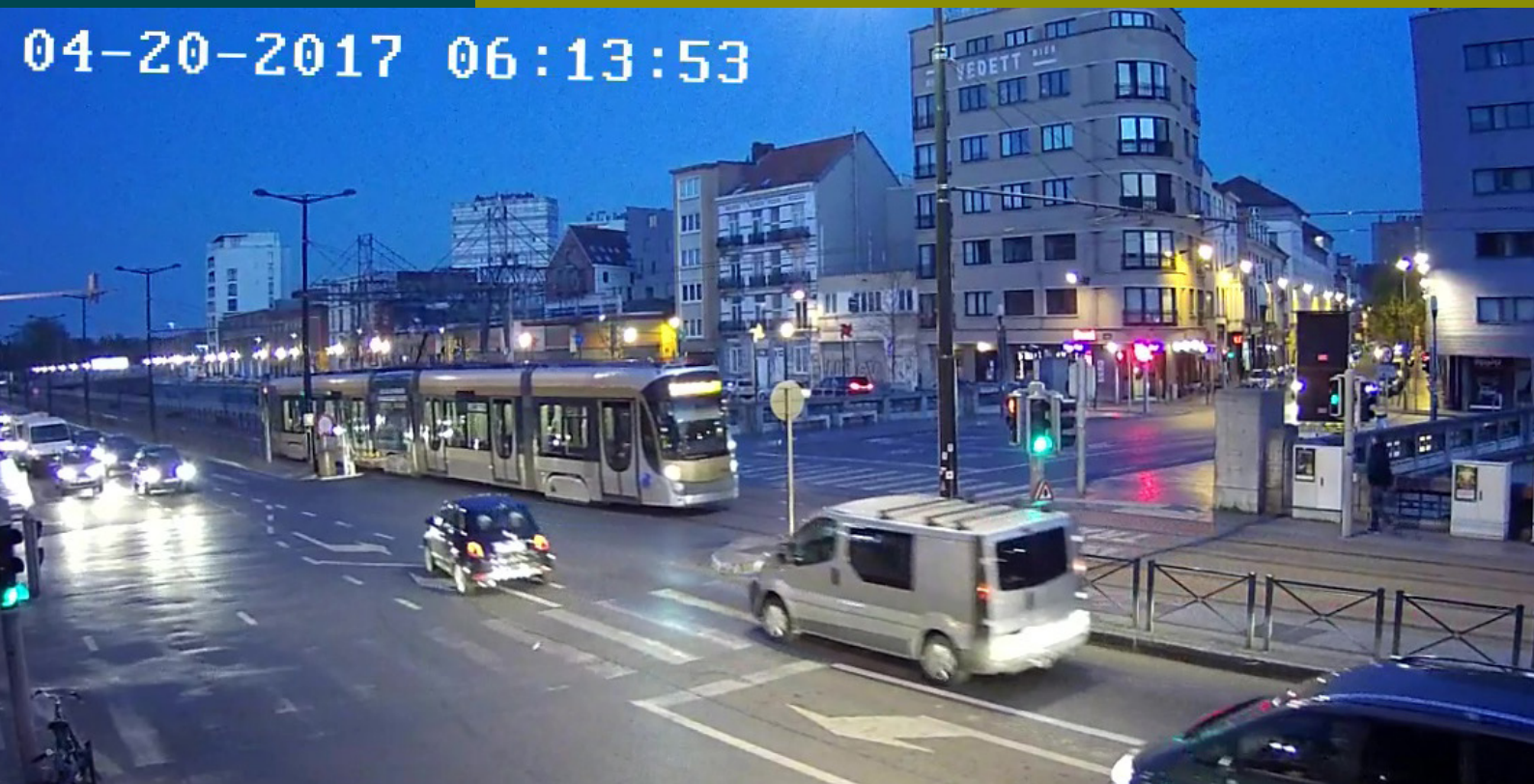
WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Xavier Cocu: +32 10 23 65 26;
x.cocu@brrc.be

04-20-2017 06:13:53



13 | Waarneming van verkeer en conflicten met camera's

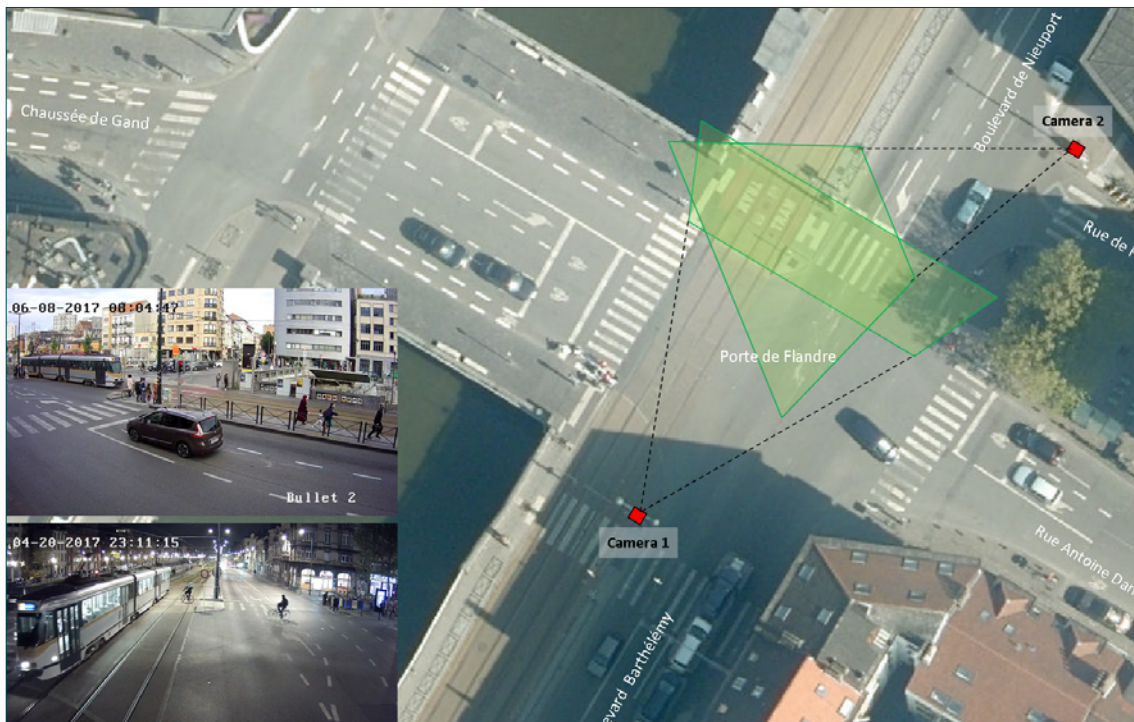
Doel

Door gebruik te maken van camera's kunnen verkeersstromen en -omstandigheden, het gedrag van weggebruikers (onder wie de gebruikers van actieve vervoerwijzen) en conflictsituaties tussen weggebruikers of vervoerwijzen uitgebreid worden geobserveerd en geanalyseerd.

Deze waarnemingen kunnen zeer leerrijk zijn om gedragingen van weggebruikers ter plaatse van een voorziening of op een bijzondere locatie te kwalificeren en te kwantificeren (aanwijzingen van slecht functioneren zijn bijvoorbeeld conflictontwijkende noodmanoeuvres zoals kort remmen, bijsturen en snel optrekken). Zij maken het bijvoorbeeld mogelijk de oorzaken van een verslechtering van de mobiliteits- of veiligheidssituatie voor de weggebruikers te achterhalen, de verkeersomstandigheden te verbeteren of een proeve van herinrichting van de weg te evalueren.

Werkingsprincipe – Methodiek

Deze waarnemingen worden in situ verricht en ondersteund door video-opnamen met een stel mobiele, autonome camera's die op een telescopische mast, lichtmasten of verkeerstekelpalen zijn bevestigd. Door de flexibiliteit van het systeem kan een openbare ruimte, een kruispunt of een wegvak gemakkelijk vanuit verschillende gezichtshoeken worden geobserveerd.



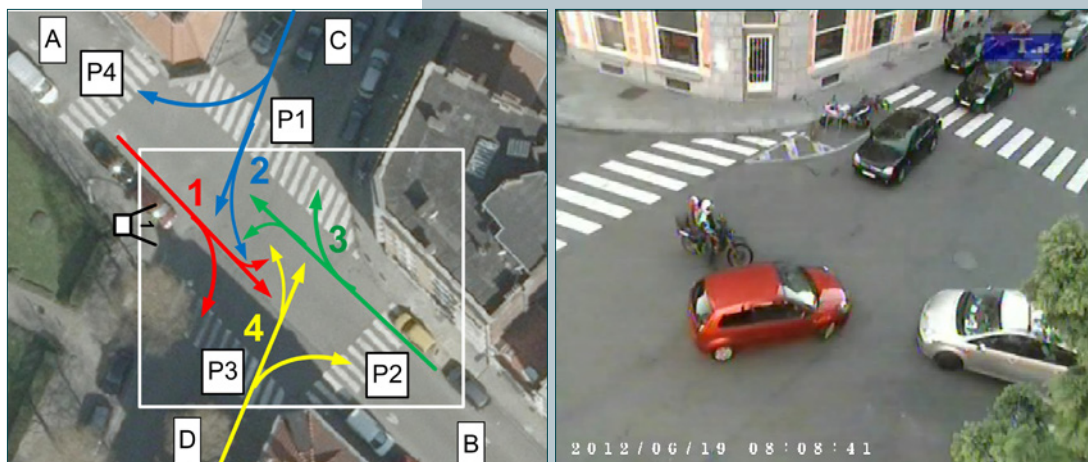
Figuur 1 – Twee camera's op een kruispunt: opstelling, gezichtshoek en foto's

De methode om de video-opnamen te analyseren is eigen aan elk onderzoek, naargelang van het doel ervan.

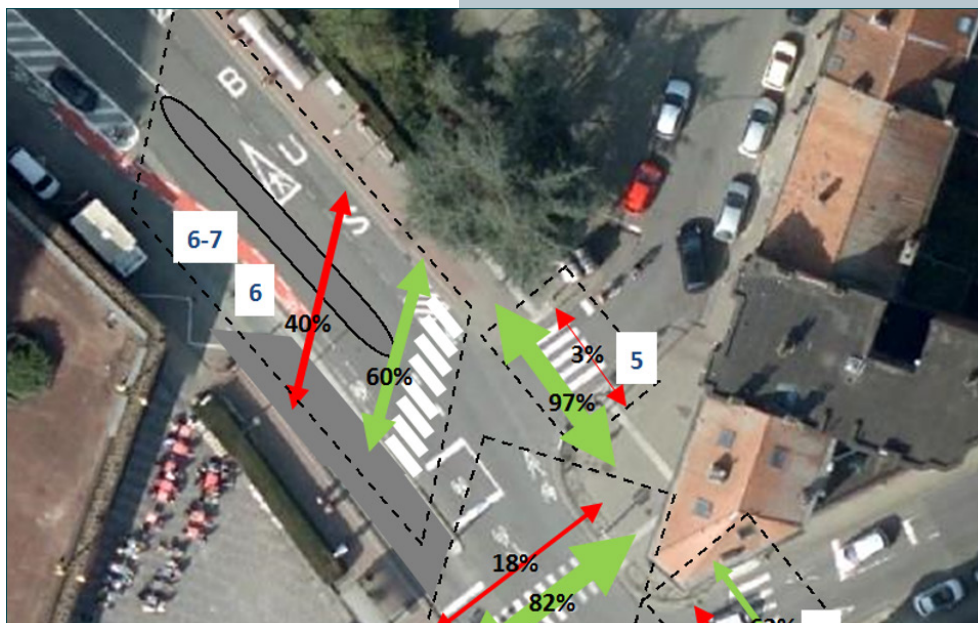
Resultaten

De aard van de resultaten varieert met het onderzoek. Doorgaans gaat het om een beschrijving en een kwantificering van de gedragingen van weggebruikers bij conflictsituaties. De resultaten worden weergegeven in de vorm van tabellen en gedetailleerde illustraties. Hierna volgen enkele voorbeelden.

- Invloeden/interacties tussen verschillende verkeersstromen en voorbeeld van een video-opname waargenomen conflictsituatie



- Analyse van geoorloofd (in het groen) en ongeoorloofd (in het rood) oversteken van voetgangers op een kruispunt dat heringericht wordt



- Analyse van het gedrag van weggebruikers bij het oversteken van tramsporen

Totaal aantal waargenomen voetgangers/fietsers	454	
Aantal voetgangers/fietsers dat bij groen oversteekt of bij rood stopt	252	56 %
Aantal voetgangers/fietsers dat bij rood naar de brug toe oversteekt	123	27 %
Aantal voetgangers/fietsers dat bij rood naar xxx toe oversteekt	79	17 %
Aantal voetgangers/fietsers dat bij rood oversteekt wanneer er een tram is	23	11 %
Aantal voetgangers/fietsers dat bij rood oversteekt wanneer er geen tram is	179	89 %
Aantal voetgangers/fietsers dat bij rood naar de brug toe oversteekt omdat het verkeerseiland bezet is	0	
Aantal voetgangers/fietsers dat bij rood oversteekt terwijl ze met hun gsm bezig zijn	10	5 %



Prestaties

Verkeerscamera's maken een "microscopische" analyse mogelijk van een situatie op de weg zoals ze op een gegeven ogenblik gefilmd is, aan de hand van een representatieve steekproef van beelden.

Complementari- teit van de meetresultaten

Dergelijk materieel kan complementair worden gebruikt met andere verkeersmeetinstrumenten (radar, manuele telling, telsingen).

Verwante technieken en methoden

- Visuele telling.
- Tellus (wegbeheerder).
- Dopplerradar (Icoms TMSSA).
- Meerstrooksradar (Wavetronix SSHD).
- Telsingen (Metrocount, Digi-concept).



Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	
Voetpaden	✓	
Fietspaden	✓	
Parkeervoorzieningen	✓	
Private wegen	✓	
Haventerreinen	✓	
Vliegveldbanen		

Veiligheid – Signalering

In de meeste gevallen kunnen de camera's ter plaatse worden geïnstalleerd zonder het verkeer te hinderen.

Bij de betrokken overheden wordt op voorhand toestemming daarvoor gevraagd. Meestal wordt op de berm gewerkt. Indien nodig wordt signalering aangebracht voor een werk van 6e categorie (volgens het Ministerieel Besluit van 7 mei 1999).

Iedere medewerker op de locatie draagt geschikte kleding en persoonlijke beschermingsmiddelen voor wegenwerken.

Het ondersteunende voertuig is voorzien van de reglementaire signalering naargelang van het land waar de metingen worden uitgevoerd.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



14 | Instrumenten voor wegbeheerders

Verkeersanalyse met pneumatische telslangen

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnosetools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 14 Verkeersanalyse met pneumatische tetslangen / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 14 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 14 – **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



TOOL



PROJECTNIVEAU

NETWERKNIVEAU

WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Xavier Cocu: +32 10 23 65 26;
x.cocu@brrc.be



14 | Verkeersanalyse met pneumatische telslangen

Doel

Verkeersanalyse met pneumatische telslangen is een wijdverbreide methode voor onderzoek naar het volume en de samenstelling van verkeer gedurende een bepaalde periode – van enkele dagen tot enkele weken –, op alle soorten van wegen met autoverkeer.

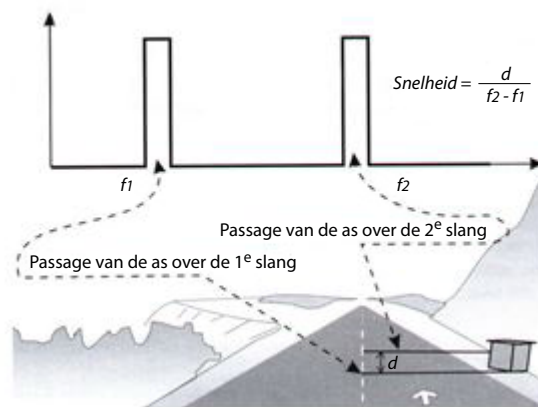
Werkingsprincipe – Methodiek

Pneumatische telslangen werken volgens een eenvoudig principe en zijn gemakkelijk op de weg aan te brengen. Ze kunnen niet alleen voor tellingen worden gebruikt, maar ook voor gericht onderzoek naar soorten van voertuigen of rijsnelheden.

Ze worden dwars op het wegdek gelegd en op een of meer druksensoren aangesloten. Wanneer een voertuig over een telslang rijdt, drukt het de lucht in deze slang samen. Dit veroorzaakt een drukgolf, die door de sensoren langs de weg wordt geregistreerd.

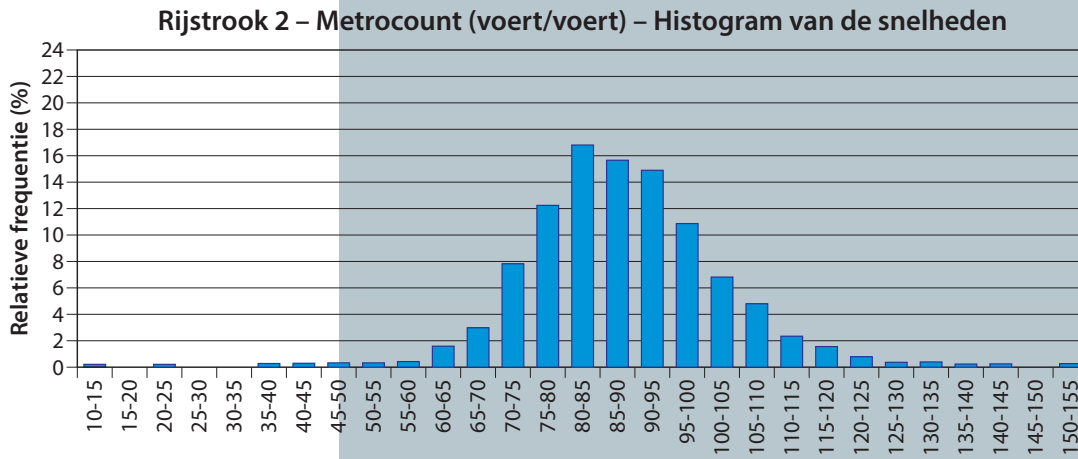
Met twee telslangen kan zowel de rijsnelheid worden gemeten als het silhouet van het voertuig worden bepaald:

- de druksensor meet het tijdsverschil tussen de drukgolven uit de eerste en de tweede slang. Uit dit verschil en de bekende afstand tussen de twee slangen kan de rijsnelheid van het voertuig worden berekend;
- aan de hand van de opeenvolgende drukpulsen uit eenzelfde verkeerssling en de berekende rijsnelheid van het voertuig bepaalt het systeem ook de asafstand. Op grond daarvan kan het voertuig in een categorie worden ingedeeld (silhouet).

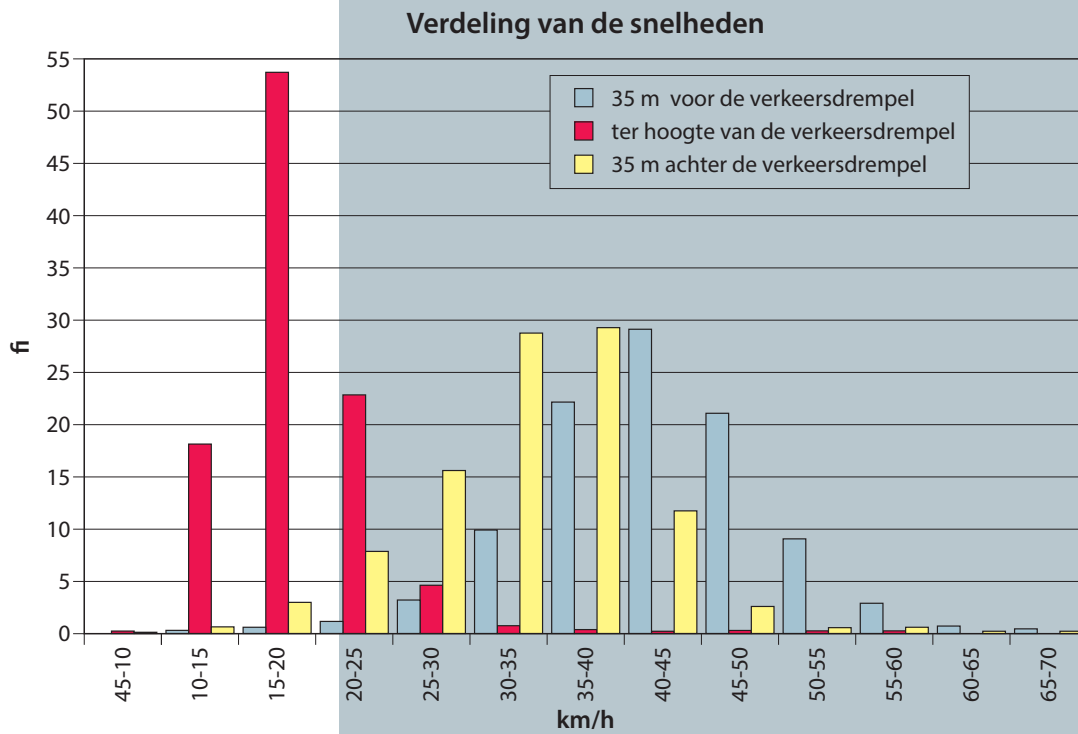


Resultaten

- Histogram van waargenomen snelheden (per klasse van 5 km/h)

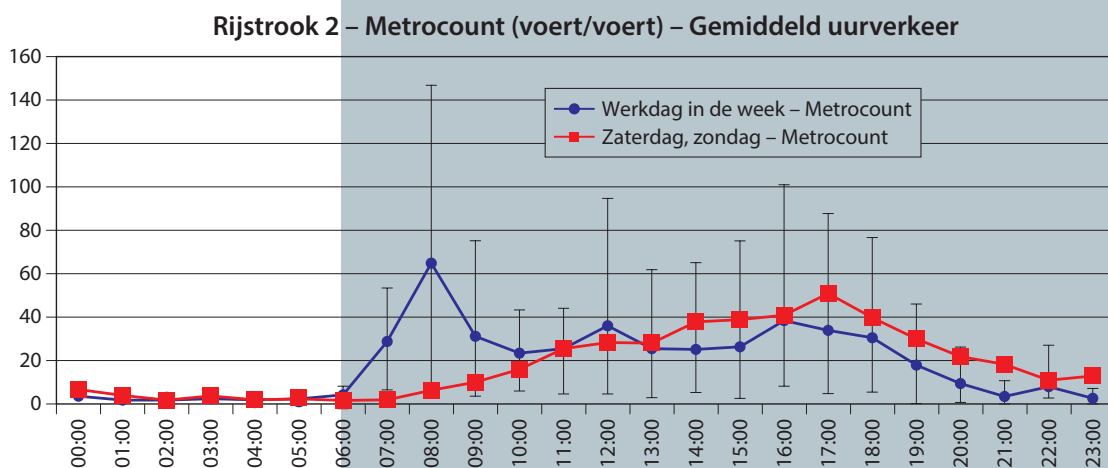


Voorbeeld 1 – Analyse van snelheden in een wegvak tussen kruispunten



Voorbeeld 2 – Analyse van snelheden dicht bij en op een verkeersdrempel

- Gemiddeld uurverkeer (voorbeeld)

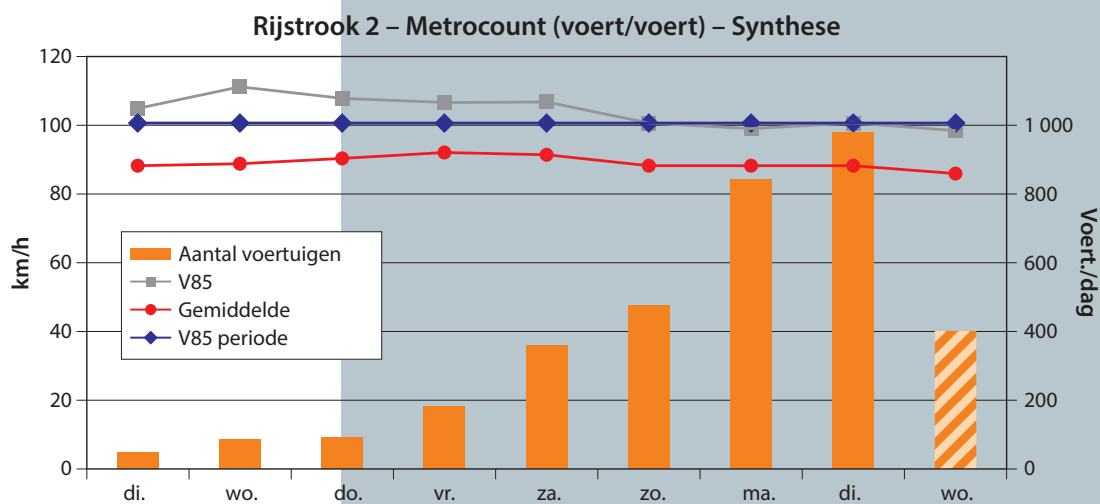


- Aantal voertuigen per dag en per categorie (voorbeeld)

Type en aantal voertuigen	Meetdagen							Totaal per categorie
	03/03	04/03	05/03	06/03	07/03	08/03	09/03	
C2	1	7	1	4	7	4	21	45
C3	1						2	3
S23			1				1	2
LV	44	81	89	178	352	465	824	2 033
Totaal per dag	46	88	91	182	359	469	848	2 083

(C2: 2-assige vrachtwagen; C3: 3-assige vrachtwagen; S23: oplegger met 5 assen; LV: licht voertuig – De classificatie die het OCW heeft uitgewerkt, kan tot 20 categorieën van voertuigen omvatten)

- Aantal voertuigen per dag en karakteristieke snelheden over een periode



Gemiddelde	70,7 km/h
Maximum	118,9 km/h
V85	80,3 km/h
> 50 km/h	98,9 %
> 70 km/h	50,0 %
> 90 km/h	3,6 %
Aantal voertuigen	74 827

Acceptatiegrenzen Prestaties

Beperkingen

De software informeert de gebruiker bij het downloaden van de bestanden over de kwaliteit van de verzamelde gegevens. Grondige analyse van de voertuigen en de passages over de slangen is mogelijk en kan helpen bij de onderkenning van betwistbare gegevens.

Hoewel het om een oude telmethode gaat, blijft verkeersanalyse met pneumatische slangen zeer betrouwbaar, zowel wat classificatie van voertuigen als analyse van rij snelheden betreft. De methode zelf is weinig veranderd, maar de prestaties van de tellers en de verwerkingsalgoritmen zijn er voortdurend op vooruitgegaan.

De aanbrenging in situ, de configuratie en de exploitatie van de systemen verlopen vrij snel.

Voorzichtigheid is geboden bij aanbrenging op wegen met drukverkeer, dat de slangen voortijdig kan doen slijten of zelfs beschadigen en ze ook sneller kan losrukken. Voorts heeft deze telmethode net als vele andere enkele beperkingen tijdens congestieperiodes.

Complementari- teit van de meetresultaten

Dergelijk materieel kan heel goed samen worden gebruikt met andere verkeersmeetinstrumenten (radar, analysecamera, visuele telling).

Verwante technieken en methoden

- Visuele telling.
- Tellus (wegbeheerder).
- Dopplerradar (Icoms TMSSA).
- Meerstrooksradar (Wavetronix SSHD).
- Camera voor verkeersanalyse.

Veiligheid – Signalering

De aanbrenging hindert heel plaatselijk en tijdelijk het verkeer.

Bij de betrokken overheden wordt op voorhand toestemming daarvoor gevraagd. Indien nodig wordt signalering aangebracht voor een werk van 6^e categorie (volgens het Ministerieel Besluit van 7 mei 1999).

Iedere medewerker op de locatie draagt geschikte kleding en persoonlijke beschermingsmiddelen voor wegenwerken.

Het ondersteunende voertuig is voorzien van de reglementaire signalering naargelang van het land waar de metingen worden uitgevoerd.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	
Voetpaden		
Fietspaden	✓	
Parkeervoorzieningen	✓	
Private wegen	✓	
Haventerreinen		
Vliegveldbanen		

Literatuur

MetroCount (s.d.)

MetroCount Traffic Executive.

Perth (Australia) : MetroCount.

Version 5.0. <https://metrocount.com/metrocount-traffic-executive-software-mte/>

Laatst geraadpleegd op 08/04/2019.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Instrumenten voor wegbeheerders

15 | Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 15 Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 12 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 15 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

**Steekkaart 15 – Geometrische controle van
verhoogde inrichtingen op de openbare
weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



TOOL

✓ PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

✓ WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Xavier Cocu: +32 10 23 65 26;
x.cocu@brrc.be



15 | Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus

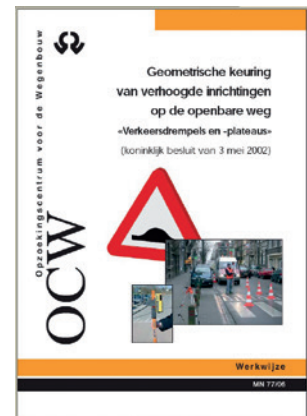
Doel

Verhoogde inrichtingen op de openbare weg (verkeersdrempels en -plateaus), bestemd om de maximumsnelheid te beperken tot 30 km/h, dienen te voldoen aan de aanlegvereisten en technische voorschriften (in het bijzonder voor de geometrische aspecten) die zijn vastgelegd in een koninklijk besluit.

Om de wegbeheerders in staat te stellen na te gaan of de verhoogde inrichtingen op hun wegennet aan deze voorschriften voldoen, heeft het OCW enkele jaren geleden in samenwerking met de federale overheidsdienst (FOD) Mobiliteit en vervoer een meetmethode ontwikkeld.

Werkingsprincipe – Methodiek

Bij deze meetmethode worden alle volgens het KB relevante geometrische aspecten van verhoogde inrichtingen onderzocht: plaats van de inrichting, lengteprofiel van de op- en afrit, gecombineerde helling van de weg en de op- of afrit, lengte van het bovenzvlak van een verkeersplateau, markering van de op- en afrit en vlakheid van de wegverharding.

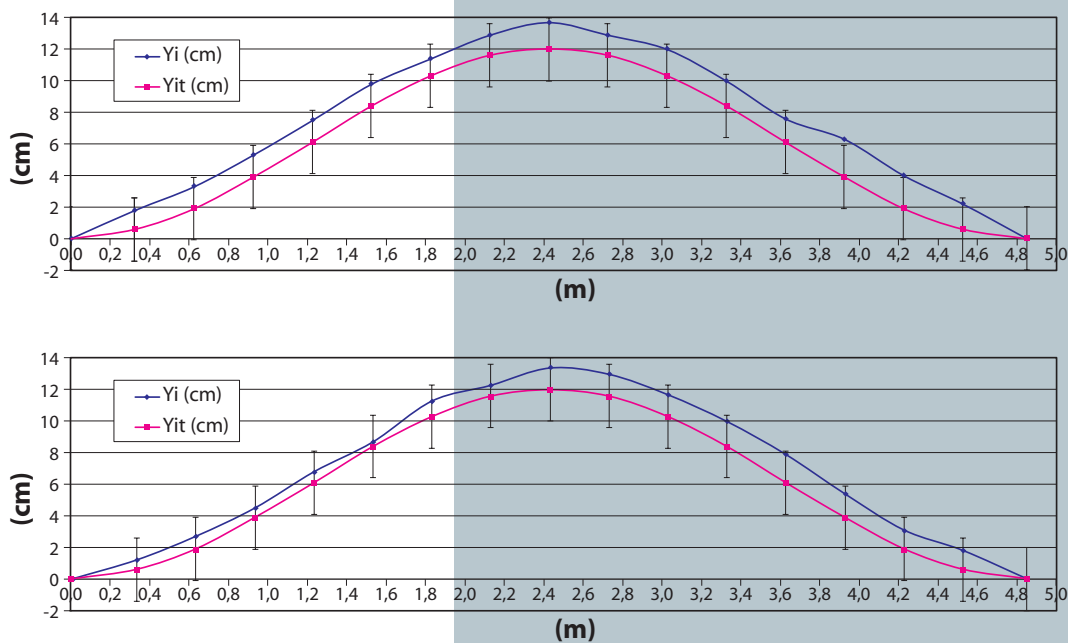


Resultaten

De meetresultaten worden verwerkt op afzonderlijke rekenbladen voor verkeersdrempels, trapezoïdale verkeersplateaus en verkeersplateaus met sinusoidale op- en afrit.

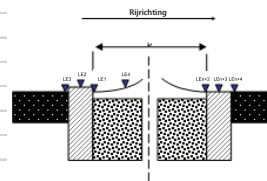
Elk rekenblad bevat ook de gegevens over en de afwijkingen ten opzichte van de theoretische verhoogde inrichting uit het KB, die bij de controle als referentie wordt gebruikt.

Hierdoor zijn geen bijkomende berekeningen meer nodig en kunnen de meetresultaten snel en eenvoudig worden geïnterpreteerd.



Figuur 1 – Gemiddelde afwijkingen van het referentieprofiel (Y_i stemt overeen met het werkelijke profiel en Y_{it} met het reglementaire profiel; de hoogte (in cm) is op de ordinaatas uitgezet en de lengte (in m) op de abscisas)

EP N° 10000		GEOMETRISCHE CONTROLE VAN VERKEERSDREMPEL NR.			
LOKALISATIE & PROFIEL					
Gemeente: XXX		Datum: 3/03/2014			
Straat: zzzz		Operatoren: OCW			
Ligging: N°29 (Huis nr.)					
- Lijndienst openbaar vervoer?	neen	C			
- Frequent gebruikt door hulpdienstvoertuigen?	neen	C			
- Bouwdatum: voor/na 31/05/2002?	?	31/05/2002			
1. Drempel haaks op de weg?	ja	C			
2. Drempel buiten een bocht?	ja	C			
3. Afstand tot een kruispunt ≥ 15 m?	ja	C			
4. Afstand tussen 2 verhoogde inricht. ≥ 75 m?	ja	C			
5. Wegbreedte	5,55 m				
6. Breedte van de straatgoten	27 cm				
7. Drempel over de hele breedte?	ja	C			
8. Lengteprofiel					
Richting: aaa		(straat, ...)			
Profiel 1 RECHTS		Profiel 2 RECHTS			
Lengte werkelijk profiel:	4,85 m	C			
Breedte beginkantsteen:	14,5 cm				
"Model" van de drempel:	2002 standaard				
Lengte theoretisch profiel:	4,85 m				
Hoogte theoretisch profiel:	12 cm				
Waarde	X _i (m)	LE _i (cm)	Y _i (cm)	Hoogte beginrand (cm)	+/-
1 (Ref.)	0,00	0	0,0		
2	0,00	-0,6	-0,6	→ 1,5	NC
3	-0,15	-1,5	-1,5		
	X _i (m)	LE _i (cm)	Y _i (cm)	Y _{it} (cm)	ΔY _i (cm)
1 (Ref.)	0,00	0,000	0,0	0,0	0,0
4	0,33	1,9	1,8	0,6	1,2
5	0,63	3,6	3,3	1,9	1,4
6	0,93	5,7	5,3	3,9	1,4
7	1,23	8,1	7,5	6,1	1,4
8	1,53	10,5	9,8	8,4	1,4
9	1,83	12,3	11,4	10,3	1,1
10	2,13	13,9	12,9	11,6	1,3
11	2,43	14,9	13,7	12,0	1,7
12	2,73	14,3	12,9	11,6	1,3
13	3,03	13,5	12,0	10,3	1,7
14	3,33	11,7	10,0	8,4	1,6
15	3,63	9,4	7,6	6,1	1,5
16	3,93	8,3	6,3	3,9	2,4
17	4,23	6,1	4,0	1,9	2,1
18	4,53	4,5	2,2	0,6	1,6
19	4,85	2,5	0,0	0,0	0,0
20		0,9	-1,6		
21		0,9	-1,6		
GEM.				1,4	NC
Breedte eindkantsteen: 14,5 cm		Breedte eindkantsteen: 14,5 cm			
Berekening cumulatieve hellingen (%)		Berekening cumulatieve hellingen (%)			
Helling weg: 0,47	[Cumulat. helling]	Helling weg: 0,72	[Cumulat. helling]		
Helling oprit: 5,65	6,12	C			
Helling afrit: -5,65	6,12	C			
Foto's nr. _____		Foto's nr. _____			
9. Markering					
- Markering aanwezig: (JA/NEEN)	ja	C			
- Markering op schuin gedeelte van elke helling: (JA/NEEN)	ja	C			
- Witte strepen op donkere achtergrond: (JA/NEEN)	ja	C			
- Geldige afmetingen: (JA/NEEN)	op oprit	ja	C		
	op afrit	ja	C		
10. Vlakheid/Effenheid					
Spoorvorming: (JA/NEEN)	neen	C			
Gebroken straatstenen: (JA/NEEN)	neen	C			
Verzakte straatstenen: (JA/NEEN)	ja	NC			
Verdwenen straatstenen: (JA/NEEN)	neen	C			
Verzakte kantstenen: (JA/NEEN)	ja	NC			
Opmerking:					
Wegverharding:	Asfalt				
Verharding van de verhoogde inrichting:	Kunststraatstenen				
Gebroken kantstenen: (JA/NEEN)	neen	C			
Kippennest: (JA/NEEN)	neen	C			
Deksel aanwezig: (JA/NEEN)	neen	C			



"C": conform het Koninklijk Besluit van 03 mei 2002
 "NC": niet conform het Koninklijk Besluit van 03 mei 2002

Acceptatiegrenzen Prestaties

Beperkingen

Hiervoor wordt verwezen naar de technische eisen in het Koninklijk Besluit van 9 oktober 1988, gewijzigd door het Koninklijk Besluit van 3 mei 2002 tot bepaling van de vereisten voor de aanleg van verhoogde inrichtingen op de openbare weg en van de technische voorschriften waaraan die moeten voldoen.

Deze meetmethode blijkt momenteel de betrouwbaarste om het profiel van een verhoogde inrichting na te meten.

Niet van toepassing.

Complementari- teit van de meetresultaten

De werkwijze en alle aanvullende informatie over de geometrische keuring van verhoogde inrichtingen (verkeersdrempels en -plateaus) zijn beschikbaar in OCW-publicatie MN 77/06.

Verwante technieken en methoden

- Fietspadprofilometer (FPP).
- Lange rei (EMPL).

Wij werken aan en ontwikkelen momenteel de mogelijkheid om dergelijk materieel te gebruiken ter aanvulling van onze statische inrichting voor het opmeten van verhoogde inrichtingen.

Veiligheid – Signalering

De installatie in situ hindert heel plaatselijk en tijdelijk het verkeer. Bij de betrokken overheden wordt op voorhand toestemming daarvoor gevraagd. Indien nodig wordt signalering aangebracht voor een werk van 6e categorie (volgens het Ministerieel Besluit van 7 mei 1999).

Iedere medewerker op de locatie draagt geschikte kleding en persoonlijke beschermingsmiddelen voor wegenwerken.

Het ondersteunende voertuig is voorzien van de reglementaire signalering naargelang van het land waar de metingen worden uitgevoerd.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen		
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen		
Private wegen		
Haventerreinen		
Vliegveldbanen		

Literatuur

**Opzoekingscentrum voor de
Wegenbouw (2006)**

*Geometrische keuring van verhoogde
inrichtingen op de openbare weg
"Verkeersdrempels en -plateaus"
(koninklijk besluit van 3 mei 2002).*
Brussel : OCW. (Werkwijze,
MN 77/06).

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



16 | Instrumenten voor wegbeheerders

Verkeersanalyse met dopplerradar

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 16 Verkeersanalyse met dopplerradar / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 12 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 16 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 16 – **Verkeersanalyse met dopplerradar**

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



TOOL



PROJECTNIVEAU

NETWERKNIVEAU

WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Xavier Cocu: +32 10 23 65 26;
x.cocu@brrc.be



16 | Verkeersanalyse met dopplerradar

Doel

De radar met dopplereffect waarvan hier sprake is, is een verkeersanalyse-instrument dat wordt gebruikt bij tijdelijke metingen op kleine en middelgrote wegen met autoverkeer (gemeentewegen tot rijkswegen).

Werkingsprincipe – Methodiek

Het OCW beschikt over draagbare, autonome dopplerradars van het type TMS-SA (Icoms Detections). Ze worden ingezet voor tijdelijke verkeersanalyses en zijn geschikt om voertuigen te tellen, snelheden te meten en voertuigen aan de hand van de gemeten lengte in twee categorieën in te delen.

Ze kunnen langs de weg (bijvoorbeeld aan een paal, boom, enz.) worden opgehangen om de aan- of afrijdende verkeersstroom op de dichtstbijgelegen twee rijstroken te meten.

Aan de hand van de lengtemeting is een vereenvoudigde voertuigclassificatie mogelijk.

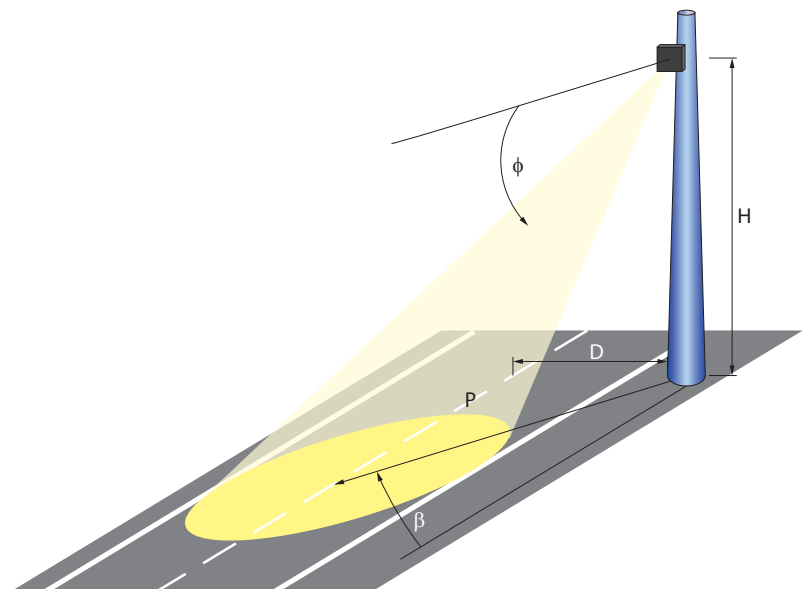


Installatieschema

De installatie en de meetnauwkeurigheid worden bepaald door twee hoeken:

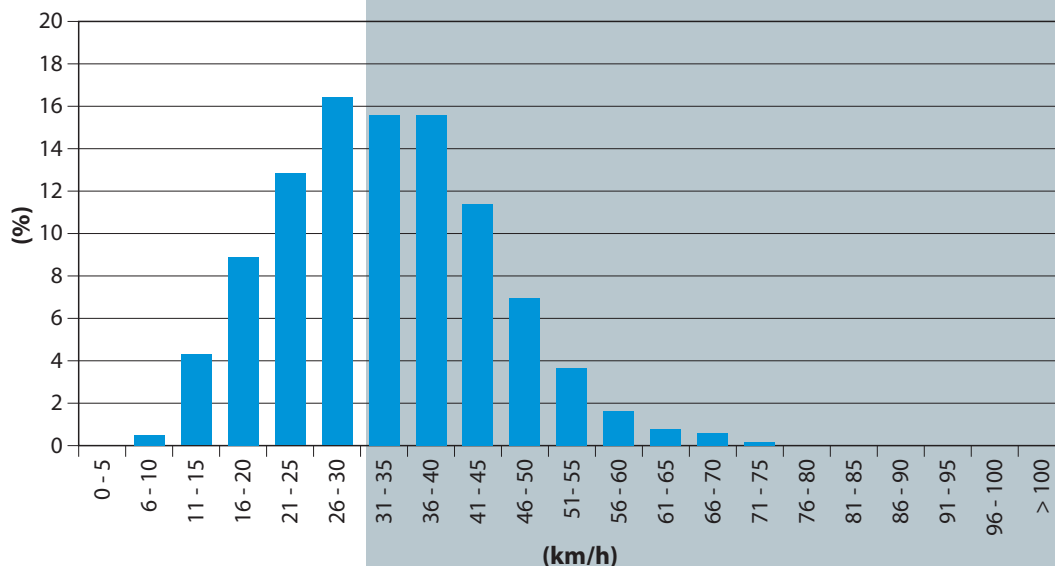
- de horizontale hoek β met de verplaatsingsas van de voertuigen. Deze hoek is steeds gelijk aan 45° ;
- de verticale hoek Φ . Deze hoek wordt door de programmatuur bepaald uit de installatiehoogte (H) en de afstand tot de verplaatsingsas van de voertuigen (D).

De radar is vrij eenvoudig te installeren. Om de meetnauwkeurigheid te waarborgen, is het echter aan te bevelen de installatieregels nauwgezet te volgen.



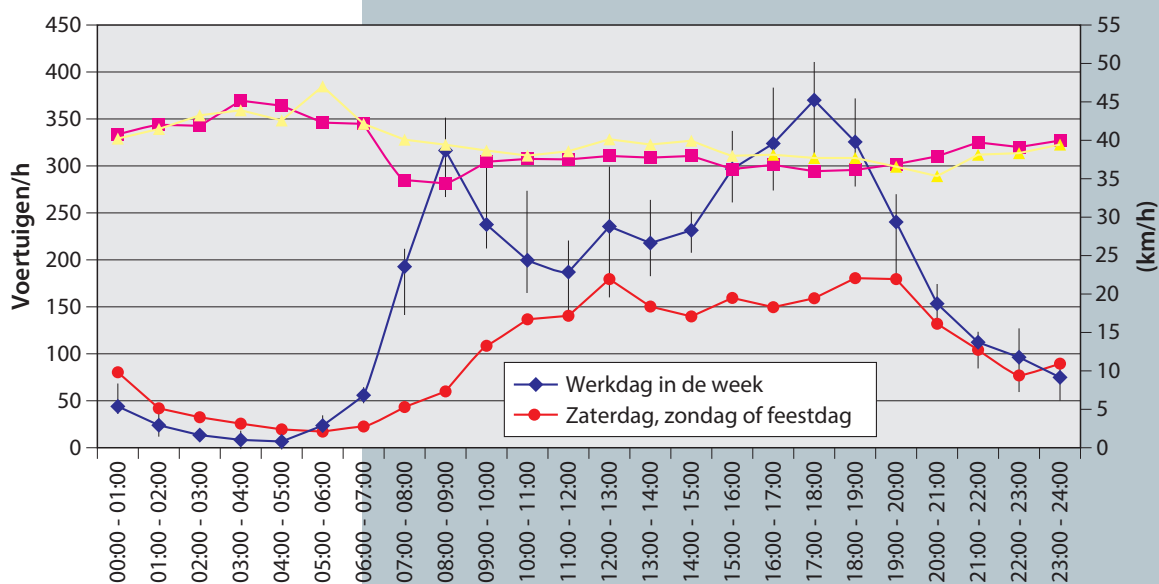
Figuur 1 – Installatieschema

Resultaten



Figuur 2 – Histogram van waargenomen snelheden (per klasse van 5 km/h; voorbeeld) en karakteristieke snelheden

Gemiddelde	33,3 km/h
V85	45,0 km/h
> 30 km/h	56,9 %
> 50 km/h	7,1 %
Aantal voertuigen	6 248



Figuur 3 – Aantal voertuigen en gemiddelde snelheid per uur (voorbeeld)

Acceptatiegrenzen Prestaties

De software informeert de gebruiker bij het downloaden van de bestanden over de betrouwbaarheid van de verzamelde gegevens. Dit biedt de mogelijkheid om alle onbewerkte gegevens te behouden of enkel de betrouwbaarste, waarbij de software zelf de benaderde of foute gegevens verwijdert.

Met de TMS-SA kunnen tot twee rijstroken met tegengestelde rijrichtingen worden gemeten, en betrekkelijk volledige en betrouwbare gegevens worden verzameld over snelheden, aantallen en categorieën (eenvoudige classificatie) van voertuigen.

De installatie in situ en de configuratie en het gebruik van de sensor zijn vrij gemakkelijk.

Beperkingen

De metingen zijn beperkt tot één rijstrook, of tot twee bij een weg met tweerichtingsverkeer. Uiteraard is dicht bij de meetzone een bevestigingspunt (bijvoorbeeld een paal) nodig.

Hevige regen die met windstoten gepaard gaat, kan in de afrijdende richting valse detecties veroorzaken. Gebruik bij tweerichtingsverkeer beïnvloedt de nauwkeurigheid van de gegevens (kruisen van voertuigen, voertuigen te dicht bij elkaar).

Complementari- teit van de meetresultaten

Dergelijk materieel kan heel goed samen worden gebruikt met andere gebruikelijke verkeersmeetinstrumenten (telslangen, meerstrooksradar, analysecamera, visuele telling).

Verwante technieken en methoden

- Visuele telling.
- Telslangen (Metrocount, Digi-concept).
- Tellus (wegbeheerder).
- Meerstrooksradar (Wavetronix SSHD).
- Camera voor verkeersanalyse (Flir, Miovision).

Veiligheid – Signalering

De installatie kan meestal plaatsvinden zonder het verkeer te hinderen. Gewoonlijk wordt op de berm gewerkt.

Bij de betrokken overheden wordt op voorhand toestemming daarvoor gevraagd. Indien nodig wordt signalering aangebracht voor een werk van 6^e categorie (volgens het Ministerieel Besluit van 7 mei 1999).

Iedere medewerker op de locatie draagt geschikte kleding en persoonlijke beschermingsmiddelen voor wegenwerken.

Het ondersteunende voertuig is voorzien van de reglementaire signalering naargelang van het land waar de metingen worden uitgevoerd.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen		
Private wegen	✓	
Haventerreinen	✓	
Vliegveldbanen		

Literatuur

Icoms Detections (2014)

*TMS-SA4 : compteur trafic routier,
hors sol et mobile : manuel
d'utilisation.*

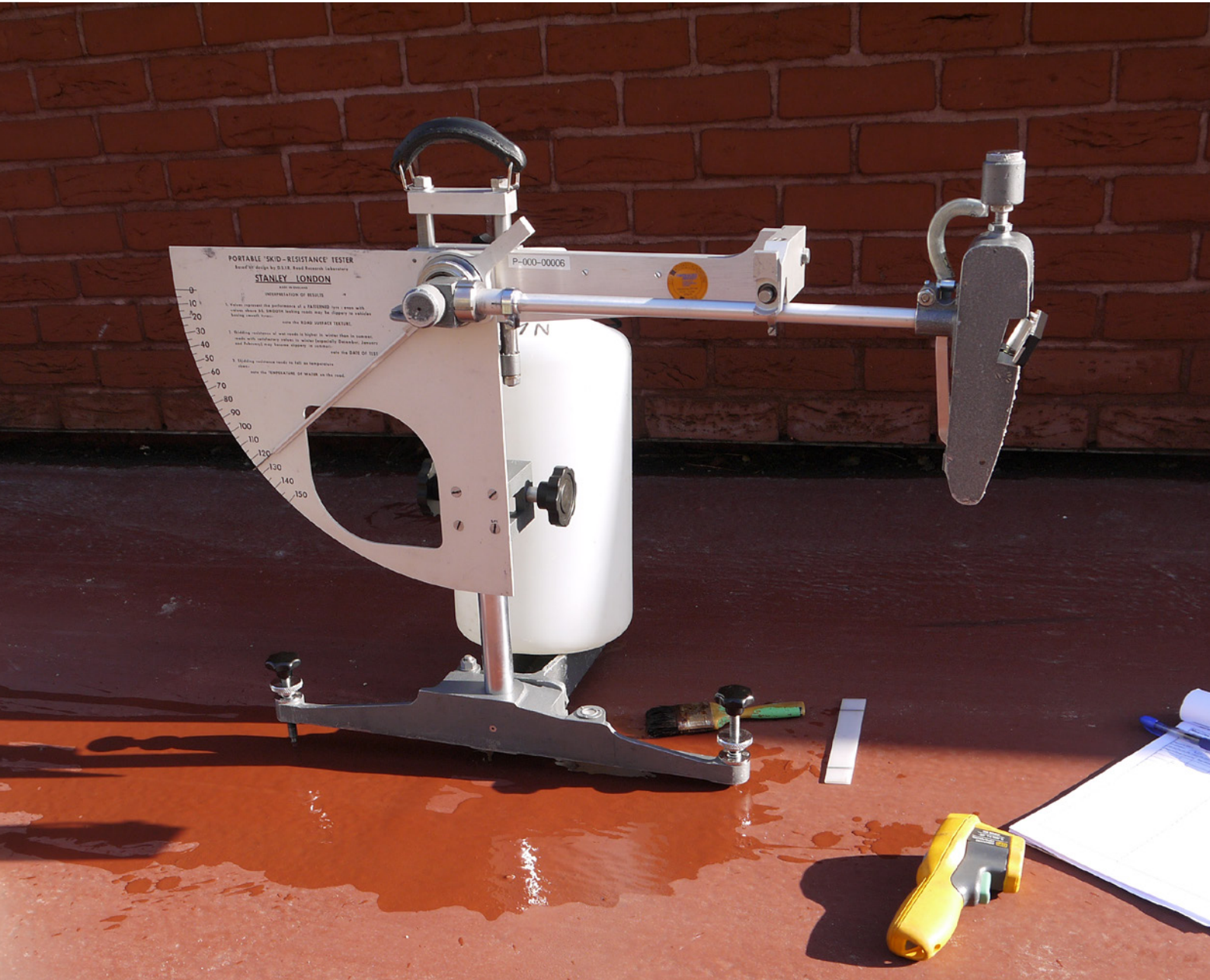
Louvain-la-Neuve : Icoms
Detections. version 01.06.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



17 | SRT

Instrumenten voor wegbeheerders

Meting van de stroefheid met de Skid Resistance Tester (SRT-slinger)

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. Het OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische tools en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 17 SRT – Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger) / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 12 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 17 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 17 – **SRT**
Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance*
Tester (SRT-slinger)

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



TOOL



PROJECTNIVEAU



NETWERKNIVEAU



WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Luc Goubert: +32 2 766 03 51;
l.goubert@brrc.be



17 | SRT

Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester (SRT-slinger)*

Doel

De SRT-slinger wordt gebruikt voor het meten van de (natte) stroefheid¹ van oppervlakken:

- oppervlakken waarover gereden wordt met allerlei voertuigen met rubberbanden: personenauto's, bestelwagens, vrachtwagens, bussen, motorfietsen, bromfietsen, fietsen, steps, rolstoelen, enz. In dit geval wordt met de SRT-slinger geëvalueerd in welke mate er slipgevaar is bij het remmen of nemen van bochten of risico is op doorslippende banden bij vertrek. Voor tweewielers is de stroefheid bijkomend van belang voor het behouden van het evenwicht. Een lage stroefheid betekent valgevaar en dat kan ook met de SRT-slinger geëvalueerd worden;
- het bepalen van het risico op uitglijden/vallen van voetgangers op een bepaald oppervlak, bijvoorbeeld een trottoir, een voetgangersbrug, een oversteekplaats, een terras, enz.

De meting kan gebeuren op een dergelijk oppervlak in situ of op een staal in het lab.

Omdat bij elke meting slechts een klein oppervlak beproefd wordt – men kan spreken van een puntmethode – is de methode vooral geschikt om toe te passen op kleine of smalle oppervlakken, wat bijvoorbeeld het geval is bij markeringen. De methode is ook geschikt voor plaatsen waar er niet (voldoende snel) kan gereden worden met hoogrendementstoestellen (zie verder): voetpaden, parkeergarages, pleinen, enz.

¹ Stroefheid = eigenschap die de relatieve beweging van twee oppervlakken in fysiek contact (bijvoorbeeld de band en het wegdek) tegengaat

Werkingsprincipe – Methodiek

De specificaties van de SRT-slinger (figuur 1) worden beschreven in een Belgische/Europese norm [1].

Een rubberplaatje (figuur 2) wordt aan het uiteinde van de arm van de slinger bevestigd.

Vóór de meting stelt men de slinger met behulp van een afstandsmaat zo in dat het rubberplaatje tijdens de meting over een precieze afstand (126 mm) over het te beproeven oppervlak sleept (figuur 3). Het te bemonsteren oppervlak moet ook nat worden gemaakt.

Men laat de slingerarm vanuit horizontale positie vallen. Het rubberplaatje glijdt over het oppervlak en door de wrijving wordt een deel van de kinetische energie omgezet in warmte. Hoe groter de stroefheid, des te groter het verlies aan kinetische energie. Na het glijden over het oppervlak stijgt de slinger weer en het verlies aan stijghoogte wordt afgelezen van een arbitraire schaal, *Pendulum Test Value* (PTV) genoemd.

Al naargelang men het slipgevaar voor voertuigen of het valgevaar voor voetgangers wil evalueren, gebruikt men een ander rubberplaatje: het zogenaamde rubberplaatje "57" (of de iets zachtere variant "55") is zacht en representatief voor voertuigbanden. Het wordt soms ook aangeduid als het "ISO"-rubberplaatje. Het rubberplaatje "96" is hard en vertoont de eigenschappen van schoenzolen. Dat plaatje wordt ook het "4S"-rubberplaatje genoemd, wat staat voor *Standard Shoe Sole Simulation*. Studies uitgevoerd in de jaren 1980-1990 [2] geven aan dat er een vrij goede correlatie bestaat tussen enerzijds het resultaat van de SRT-slinger met het "4S"-rubberplaatje en het valrisico bepaald door wandeltesten op diverse oppervlakken in laboratoriumomstandigheden: de correlatiecoëfficiënt bedraagt ca. 0,8.



Figuur 1 – De SRT-slinger



Figuur 2 – Rubberplaatje aan het uiteinde van de arm van de SRT-slinger



Figuur 3 – Maat met lengte 126 mm



Figuur 4 – Arbitraire schaal van de SRT-slinger (Pendulum Test Value, PTV)

Resultaten

De afgelezen PTV-waarde is een maat voor de stroefheid. Het resultaat moet gecorrigeerd worden voor de temperatuurs-effecten.

Acceptatiegrenzen

Slipgevaar voor voertuigen (SRT-meting met rubberplaatje "55" of "57")

De richtwaarden zoals weergegeven in de oorspronkelijke handleiding van de SRT-slinger [3] worden gegeven in tabel 1.

Categorie	Type	Minimum PTV-waarde (nat)
A	Veeleisende sites zoals: <ul style="list-style-type: none">- Ronde punten- Bochten op wegen met een kromtestraal van minder dan 150 m- Wegen met een helling van 5 % of meer over een afstand van minstens 100 m- Naderingszones van verkeerslichten	65
B	Snelwegen, andere hoofdwegen en wegen in steden met druk verkeer (meer dan 2 000 voertuigen per dag)	55
C	Alle andere wegen	45

Tabel 1 – Richtwaarden voor de SRT met rubberplaatje "55" zoals opgenomen in de oorspronkelijke handleiding van het toestel

In de gewestelijke standaardbestekken in België worden metingen met de SRT-slinger met rubberplaatje "57" enkel nog voorzien voor de evaluatie van de stroefheid van markeringen en van gefigureerd beton, enkel in het geval van een resultaatsverbintenis.

	Vlaanderen [4]	Wallonië [5]	Brussels Hoofdstedelijk Gewest [6]
Standaard minimumwaarde voor markeringen	45	45	45
Oversteekplaatsen voor voetgangers	50	50	50
Fietspaden of grote ingekleurde oppervlakken (b.v. kruispunten)	55	55	²

Tabel 2 – Minimumwaarden voor SRT-metingen met rubberplaatje “57” op markeringen, zoals opgenomen in de respectievelijke standaardbestekken

De minimumwaarden die worden gehanteerd voor gefigureerd beton in Vlaanderen en Wallonië worden gegeven in tabel 3.

	Vlaanderen [4]	Wallonië [5]
Gefigureerd beton (hydraulisch beton)	50	70
Gefigureerd beton (methacrylaathars)	²	65

Tabel 3 – Minimum SRT-waarden met rubberplaatje “57” voor gefigureerd beton in Vlaanderen en Wallonië

Valgevaar voor voetgangers (SRT-meting met rubberplaatje “96”)

Bij ontstentenis van “Belgische” of “Europese” grenswaarden wordt aanbevolen de Britse grenswaarden van de *Health and Safety Executive* (HSE), zoals gegeven in tabel 4 [7], te hanteren. Deze waarden worden ook voorgesteld door het Franse CEREMA [8].

Slipgevaar	SRT-waarde met rubberplaatje “96”
Hoog	0 - 24
Matig	25 - 35
Laag	> 36

Tabel 4 – Grenswaarden voor valgevaar voor voetgangers, gemeten met de SRT-slinger met rubberplaatje “96”

Ter informatie: in Australië en Nieuw-Zeeland kan men zowel het “96”- als het “57”-rubberplaatje gebruiken om het valgevaar voor voetgangers te beoordelen. Voor het “96”-rubberplaatje hanteert men vijf veiligheidsklassen (V, W, X, Y en Z) en voor het “57”-rubberplaatje twee (V en W). De beoordeling is in Australië en Nieuw-Zeeland strenger (tabel 5) [9-10].

² Geen waarde gespecificeerd voor dit geval

Klasse	SRT-meting		Bijdrage van het vloeroppervlak aan het slipgevaar in natte omstandigheden
	Rubberplaatje "96"	Rubberplaatje "97"	
V	> 54	> 44	Zeer laag
W	45 - 54	40 - 44	Laag
X	35 - 44	-	Matig
Y	25 - 34	-	Hoog
Z	< 25	-	Zeer hoog

Tabel 5 – Australische/Nieuw-Zeelandse grenswaarden voor valgevaar voor voetgangers, gemeten met de SRT-slinger

Op een helling van 5° stelt CEREMA strengere waarden voor (tabel 6).

Valgevaar bij een helling van 5°	SRT-waarde met rubberplaatje "96"
Hoog	0 - 24
Matig	25 - 35
Laag	> 36

Tabel 6 – Grenswaarden voor valgevaar voor voetgangers, gemeten met de SRT-slinger met rubberplaatje "96"

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	✓
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden	✓	✓
Fietspaden	✓	✓
Parkeervoorzieningen	✓	✓
Private wegen	✓	✓
Haventerreinen		
Vliegveldbanen		

Beperkingen

Een meting met de SRT-slinger bemonstert slechts een klein oppervlak (126 mm x 75 mm). Als men de stroefheid van een groter oppervlak wenst te evalueren dient men metingen op meerdere punten uit te voeren om de homogeniteit van de stroefheid over het te evalueren oppervlak in te schatten en tot een representatief resultaat te komen. De metingen met de SRT-slinger moeten door een getraind operator worden uitgevoerd. De nodige zorg en tijd moet besteed worden aan de correcte afstelling van het toestel en dat voor elk meetpunt opnieuw. De metingen zijn bovendien fysiek belastend voor de operator (knieën, rug) zodat ergeregeld rustmomenten voorzien moeten worden en het rendement niet zo hoog is, maximaal een vijftal metingen per uur en een dertigtal per werkdag.

Metingen op stalen in het lab kunnen uitgevoerd worden op een tafel en zijn comfortabeler voor de operator.

Complementariteit van de meetresultaten

De stroefheid van wegdekken (behalve gefigureerd beton of plaatsen waarop markering is aangebracht) wordt in België gemeten met zogenaamde hoogrendementstoestellen die ofwel de dwarse wrijvingscoëfficiënt (DWC) ofwel de longitudinale wrijvingscoëfficiënt (LWC) meten. In Vlaanderen wordt voor het meten van de DWC doorgaans een toestel van het type "SKM" [11] gebruikt⁴, terwijl men in Wallonië en Brussel standaard de stroefheid van wegdekken meet met de "SCRIM" [12]⁵. Het OCW beschikt over een "Odoliograaf" voor het meten van de DWC [13]. Wanneer het niet mogelijk is om de DWC te bepalen, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van verkeersdrempels, gebruikt men in de drie gewesten een "Griptester" [14].

Verwante technieken en methoden

Het OCW beschikt ook over een *Portable Friction Tester* (PFT). Dit is een toestel dat ontworpen is om aan de SRT-slinger gerelateerde metingen te doen (lage snelheid en lage druk op het rubber), gecombineerd met een hoger rendement en een betere ergonomie dan de SRT. Studies in verband met de correlatie tussen PFT- en SRT-metingen (met rubberplaatje "57") leverden telkens een goede correlatie op, maar niet alle studies leverden hetzelfde verband op. Volgens een studie uitgevoerd door VTI in 2007 [15] correspondeert een PFT-waarde van 0,52 met een SRT-waarde van 50. Volgens drie andere studies [16], waaronder één mede uitgevoerd door het OCW in 2016, komt een PFT-waarde van 0,52 overeen met een SRT-waarde van slechts 40, een significant verschil dus. In afwachting van verder onderzoek en meer data, kan de PFT wel al gebruikt worden om een eerste snelle beoordeling te doen van de stroefheid.

Merkwaardig is dat het resultaat van de PFT beter blijkt te correleren met het valgevaar bepaald door wandeltesten op diverse oppervlakken in laboratoriumomstandigheden dan de SRT-slinger met "4S"-plaatje: voor de PFT bedraagt de correlatiecoëfficiënt ca. 0,9 [2].

⁴ De SCRIM of odoliograaf kunnen in Vlaanderen ook gebruikt worden volgens het Standaardbestek 250 versie 4.1

⁵ De odoliograaf is ook toegelaten mits aantonen van correlatie met SCRIM

De installatie ter plaatse verstoort het verkeer op een zeer punctuele manier. Vooraf wordt bij de bevoegde autoriteiten een aanvraag voor een vergunning ingediend.

Indien nodig wordt een signalisatiesysteem geïnstalleerd dat overeenstemt met het systeem dat voorzien is voor werken van 6e categorie (volgens het Ministerieel Besluit van 7 mei 1999).

Elke persoon die op het terrein werkt, is uitgerust met kleding en PBM die geschikt zijn voor werkzaamheden op de weg.

Het assistentievoertuig is uitgerust met de reglementaire signalering, afhankelijk van het land waar de metingen worden verricht.

- [1] **Bureau voor Normalisatie (NBN) (2011)**
NBN EN 13036-4: Oppervlakeigenschappen voor weg- en vliegveldverhardingen: beproevingsmethoden. Deel 4, methode voor de meting van de stroefheid van een oppervlak: de slingerproef.
Brussel : NBN.
- [2] **Chant, W.-R., Courtney, T.K., Grönqvist, R. & Redfern, M. (2003)**
Measuring slipperiness: human locomotion and surface factors.
Abingdon (UK) : Taylor & Francis.
ISBN 978-0-415-29828-8.
- [3] **Road Research Laboratory (RRL) (1969)**
Instructions for using the portable skid-resistance tester.
London : Her Majesty's Stationery Office (HMSO).
(Road Note (RN), 27).
- [4] **Vlaamse Overheid - Agentschap Wegen en Verkeer (2019)**
Standaardbestek 250 voor de wegenbouw [versie 4.1].
Brussel : AWV. Online beschikbaar : <http://docs.wegenenverkeer.be/Standaardbestek%20250/Versie%204.1/>. Laatst geconsulteerd 17/12/2019.
- [5] **Service Public de Wallonie - Direction Générale Opérationnelle des Routes et des Bâtiments (2012, version 2016 consolidée)**
CCT qualiroutes : cahier des charges-type
Namur : SPW-DG01. Online beschikbaar : http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/index_cctquali.html. Laatst geconsulteerd 17/12/2019.
- [6] **Brussels Hoofdstedelijk Gewest (2015)**
TB 2015 : typebestek betreffende wegeniswerken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.
Brussel : Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Online beschikbaar : <https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/tb2015.pdf>. Laatst geconsulteerd 17/12/2019.
- [7] **Health and Safety Executive (HSE) (2012)**
Assessing the slip resistance of flooring.
[s.l.] (UK). (HSE Technical Information Sheet.
Online beschikbaar : <https://www.hse.gov.uk/pubns/geis2.htm>. Laatst geconsulteerd 17/12/2019.



- [8] **Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA) (2019)**
Adhérence des revêtements pour des cheminements piétons confortables et sûrs.
 Bron [France] : CEREMA. (Connaissances CEREMA, ISSN 2417-9701, fiche 17).
 Online beschikbaar : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/savoirs-base-securite-routiere>. Laatste geconsulteerd 17/12/2019.
- [9] **Standards Australia (1999)**
HB 197: An introductory guide to the slip resistance of pedestrian surface materials.
 Sydney: Standards Australia.
- [10] **Standards Australia, Standards New Zealand (2004)**
AS/NZS 4584: Slip resistance classification of new pedestrian surface materials.
 Sydney : Standards Australia; Wellington: Standards New Zealand.
- [11] **European Committee for Standardization (CEN) (2009)**
CEN/TS 15901-8: Road and airfield surface characteristics. Part 8, procedure for determining the skid resistance of a pavement surface by measurement of the sideway-force coefficient (SFCD): SKM.
 Brussels : CEN.
- [12] **European Committee for Standardization (CEN) (2009)**
CEN/TS 15901-6: Road and airfield surface characteristics. Part 6, procedure for determining the skid resistance of a pavement surface by measurement of the sideway force coefficient (SFCS): SCRIMM.
 Brussels : CEN.
- [13] **European Committee for Standardization (CEN) (2011)**
Road and airfield surface characteristics. Part 13: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface by measurement of a sideway force coefficient (SFCO): the odoliograph.
 Brussels : CEN.
- [14] **European Committee for Standardization (CEN) (2009)**
Road and airfield surface characteristics. Part 7: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal fixed slip ration (LFCG): the grip tester.
 Brussels : CEN.
- [15] **Wälivaara, B. (2007)**
Validation of VTI-PFT version 4: measurement on flat and profiled road markings.
 Linköping [Sweden] : Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI). (VTI Notat, 16-2007).
- [16] **Açikgöz, T. & Verliet, J. (2016)**
Onderzoek naar methoden voor het meten van de stroefheid. [thesis].
 Antwerpen : Universiteit Antwerpen (UA) – Faculteit Toegepaste Ingenieurswetenschappen.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



18 | Instrumenten voor wegbeheerders

Meetstoel

Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen

Sinds 1952 staat OCW (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Mededelingen en Dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be.

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer).
Steekkaart 18 – Meetstoel / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 12 blz.
(Synthese ; SN 48 – rev. 2 – Steekkaart 18).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 18 – **Meetstoel**
Instrument voor de beoordeling van het comfort van
voetgangersverhardingen

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



TOOL



PROJECTNIVEAU



NETWERKNIVEAU



WEGOPPERVLAK

WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Tim Massart: +32 10 23 65 43;

t.massart@brrc.be



18 | Meetstoel

Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen

Doel

Met de meetstoel wordt het comfort van een voetgangersverharding beoordeeld. Tegelijkertijd worden de langshelling en de dwarshelling geregistreerd. Deze drie technische parameters worden per meetblok van 5 m gerapporteerd.

Werkingsprincipe – Methodiek

Een standaardrolstoel, verzwaard tot een gewicht van ongeveer 50 kg, wordt uitgerust met een aantal componenten:

- hodo-meter;
- gps;
- versnellingsmeter;
- gyroscoop;
- camera (optioneel).

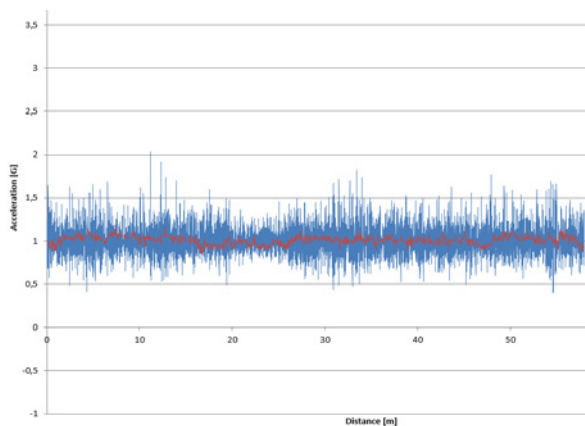
De meting met de meetstoel verloopt aan een snelheid van 1 m/s (zijnde 3,6 km/h). Tijdens de meting wordt de afgelegde afstand door middel van de hodo-meter geregistreerd. Deze informatie wordt gebruikt om de gps-locatie elke 5 m vast te leggen.

De versnellingsmeter en gyroscoop geven hun meetwaarden voortdurend door aan de centrale computer. Het comfort wordt gerapporteerd om de 5 m, met een score op 10. De versnellingsmeter is de input voor de berekening van deze indicator.

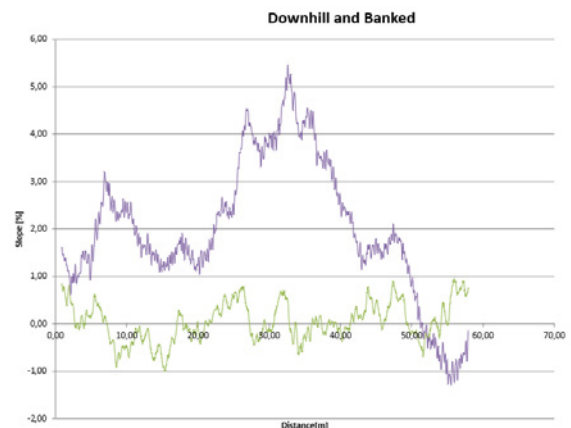
Verder rapporteren we ook de gemiddelde waarde van de langs- en dwarsshelling, eveneens per 5 m.



Figuur 1 – Meetstoel



Figuur 2 – Ruwe data van de accelerometer (wordt verwerkt naar comfortindex)



Figuur 3 – Langs- en dwarsshelling

Resultaten

Het rapport bevat algemene informatie zoals:

- de locatie van de meting;
- de verharding van het voetpad;
- de datum van de meting;
- de lengte van de sectie;
- de snelheid waarmee de meting werd uitgevoerd;
- de OCW-referentie;
- de naam van het meetbestand.

Daaropvolgend krijgen we een overzicht van de globale resultaten:

- de gemiddelde comfortscore over de gehele sectie;
- de maximale comfortwaarde;
- de minimale comfortwaarde;
- de gemiddelde langshelling over de gehele sectie;
- de maximale langshelling;
- de lengte van de geanalyseerde sectie met een langshelling van meer dan 5%;
- de gemiddelde dwarshelling over de gehele sectie;
- de maximale dwarshelling;
- de lengte van de geanalyseerde sectie met een dwarshelling van meer dan 2%.

Ten slotte krijgen we een gedetailleerde tabel met om de 5 m de opgemeten waarden van:

- de snelheid;
- de langshelling;
- de dwarshelling;
- het comfort;
- een event (indien er een event is ingegeven);
- de eventuele opmerkingen.

Optioneel kan er een camera worden toegevoegd om bijvoorbeeld elke 5 m ook een foto te nemen.

	Belgian Road Research Centre Your partner for sustainable roads
Meting met de meetstoel	

Algemene informatie					
Locatie:	Sectie 12				
Opmerkingen:	-				
Soort verharding:	-				
Details van de meting:					
Datum	Lengte (m)	Snelheid (m/s)	Ref OCW	Bestandsnaam	
19/02/2020	57,97	1,01		131531	

Algemene resultaten						
	Comfort /10		Langshelling %		Dwarshelling %	
Gehele sectie	Globale score:	8,35	Globale langshelling:	0,61	Globale dwarshelling:	0,24
Blok 5m	Maximum:	10,00	Maximum:	0,4	Maximum:	4,3
	Minimum:	7,21	Lengte > 5% (m):	0	Lengte > 2% (m):	20

Gedetailleerde resultaten							
Begin blok [m]	Einde blok [m]	Snelheid [m/s]	Langshelling [%]	Dwarshelling [%]	Comfort Score /10	Event	Opmerkingen
0	5	1,0	0,4	1,4	8	0	
5	10	1,0	-0,2	2,3	9	1	
10	15	1,0	-0,4	1,7	8	1	
15	20	1,0	-0,3	1,4	9	0	
20	25	1,0	0,3	2,0	10	1	
25	30	1,0	0,1	3,8	9	1	
30	35	1,0	0,0	4,3	7	0	
35	40	1,0	0,0	3,7	8	0	
40	45	1,0	0,3	1,8	8	0	
45	50	1,0	0,3	1,5	8	0	
50	55	1,0	-0,3	-0,2	8	0	

Acceptatiegrenzen

De resultaten van de comfortmeting kunnen worden gepresenteerd in combinatie met de resultaten van de stroefheidsmeting (met de PFT of *Portable Friction Tester*) om de beoordeling van de gebruikskwaliteit van de voetgangersverharding te geven. De grenswaarden kunnen door de aanvrager worden bepaald (de hier getoonde acceptatiegrenzen worden gebruikt door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest).

Op de X-as wordt het comfort weergegeven op een schaal van 0 tot 10 (0 = zeer slecht, en 10 = zeer goed).

Op de Y-as wordt de stroefheid weergegeven op een schaal van 0,3

tot 1 (0,3 = zeer glad, en 1 = zeer stroef).

Als het meetpunt zich rechtsboven in de grafiek bevindt, zijn zowel het comfort als de stroefheid zeer goed (*Zeer goed* of ZG).

Indien een van beide of beide meetwaarden lager liggen zijn ze nog goed (*Goed* of G).

Voor het comfort ligt deze waarde tussen 6 en 8.

Voor de stroefheid ligt deze waarde tussen 0,5 en 0,6.

Als een van beide meetwaarden nog lager zakt, spreken we over onvoldoende (*Insufficient* of I).

Prestaties

Snelheid tijdens de uitvoering

De metingen gebeuren aan 1 meter per seconde (3,6 kilometer per uur).



Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen		
Gemeente- en stedelijke wegen		
Voetpaden	✓	✓
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen		
Private wegen		
Haventerreinen		
Vliegveldbanen		

Metingen zijn zowel op netwerk- als projectniveau mogelijk.

Een voorbeeld van projectniveau is de beoordeling van een nieuw aangelegd voetpad.

Een voorbeeld van netwerkniveau is de opmeting van alle voetpaden in een stadscentrum om een globaal zicht te krijgen op het hele voetpadpatrimonium. Op basis hiervan kunnen dan korte- en langetermijnplanningen worden opgesteld.

Beperkingen

Een standaardvoetpad dat toegankelijk is met een rolstoel kan worden opgemeten. Om een meting uit te voeren moet het voetpad een lengte van minimaal 8 m en een breedte van minimaal 1,20 m hebben. Voor brede voetpaden in winkelstraten of in centra wordt de meest voor de hand liggende lijn gemeten (of afgereden) met de meetstoel.

Complementariteit van de meetresultaten

- De technische indicatoren zijn zeer geschikt om te combineren met functionele indicatoren, zoals de toegankelijkheid van bepaalde gebouwen of faciliteiten. We kunnen bijvoorbeeld extra aandacht geven aan de toegang tot ziekenhuizen, bejaardentehuizen of kinderdagverblijven, waar een hogere comfortscore gewenst is.
- Indien om de 5 m een foto wordt genomen, kan op basis daarvan ook een visuele inspectie a posteriori gebeuren.
- Stroefheidsmetingen op voetpaden door middel van de PFT (*Portable Friction Tester*) geven informatie over een ander aspect van het voetpad. In combinatie met het comfortniveau maakt dit interessante conclusies mogelijk.

Verwante technieken en methoden

- Comfortfiets van de fietsersbond: comfortmeting op fietspaden
- Inspecties van voetpaden in Nieuw-Zeeland vanop een quad: <https://www.sunshinecoast.qld.gov.au/sitecore/content/Global-Content/News/Media-News/Tech-savvy-four-wheeled-approach-to-surveying-footpaths-130519>
- Inspecties van voetpaden in Duitsland vanop een quad: <https://www.schniering.com/en/measurement-systems/argus-agil>
- In verschillende landen wordt een (aangepaste) visuele inspectie toegepast voor voetpaden. Voorbeelden hiervan vinden we in Schotland, Nederland, Frankrijk, Noorwegen (deze opsomming is niet exhaustief).

Tijdens de meting draagt de operator een fluoehesje om voldoende zichtbaar te zijn.

Massart, T. (2018). Sint-Truiden pilotstad in project om toegankelijkheid voetpaden te meten. *OCW mededelingen*, (116), 15-16.

Thiry, C. (Ed.) (2019). *Handvest van de verhardingen voor voetgangersvoorzieningen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest*. https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/handvest_van_de_verhardingen_voor_voetgangersvoorzieningen.pdf

Van Damme, O., Pollet, Y. & Massart, T. (2017). Het OCW ontwikkelt een tool om de gebruikskwaliteit van voetgangersverhardingen te meten. *OCW mededelingen*, (113), 12-15.

Van Damme, O. (2020). OCW assisteert je bij de aanleg van hoogwaardige voetgangersverhardingen. *OCW mededelingen*, (122), 4-7.

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen



19 | Instrumenten voor wegbeheerders

Fast-FWD

Meting van structurele kenmerken van wegen

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. Duurzame ontwikkeling door innovatie is de leidraad voor alle activiteiten in het Centrum. OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Newsletter, dossiers, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.ocw.be

Bericht aan de lezer

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld. Deze publicatie bevat een reeks steekkaarten die de wegbeheerders uitvoerig informeren over verschillende diagnostische en -methoden die tot objectieve en rationele onderhouds- en/of versterkingsmaatregelen kunnen leiden.

Instrumenten voor wegbeheerders (voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer). Steekkaart 19 Fast-FWD – Meting van structurele kenmerken van wegen / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. Brussel : OCW, 2023, 14 blz. (Synthese ; SN 48-Steekkaart 19 – rev. 2).

Wettelijk depot: D/2019/0690/4

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

Instrumenten voor wegbeheerders
(voor een objectieve en rationele totaalaanpak van wegbeheer)
Synthese SN 48 – rev. 2

Steekkaart 19 – **Fast-FWD** Meting van structurele kenmerken van wegen

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Brussel
2023



✓ TOOL

✓ PROJECTNIVEAU

✓ NETWERKNIVEAU

WEGOPPERVLAK

✓ WEGOPBOUW

DOE-HET-ZELF

Contact

Alain Van Buylaere: +32 10 23 65 42;
a.vanbuylaere@brrc.be



19 | Fast-FWD

Meting van structurele kenmerken van wegen

Doel

Onder druk vervormt een schuimblok. Als de druk wordt opgeheven, neemt het schuimblok opnieuw de oorspronkelijke vorm aan. De vervorming is evenredig aan de uitgeoefende druk. Dat bepaalt de stijfheid. Die stijfheid kan worden gemeten, net zoals de stijfheid van wegen.

Onder invloed van (zwaar) verkeer buigt een wegdek licht door. Deze doorbuiging (deflectie) bedraagt slechts enkele honderdsten of duizendsten van een mm en is niet zichtbaar met het blote oog. Als de druk wordt opgeheven, neemt het wegdek opnieuw de oorspronkelijke vorm aan (elastische vervorming). Met de valgewichtdeflectiemeter (*Falling Weight Deflectometer – FWD*) kunnen de vorm (deflectiekromme) en de omvang (maximale deflectie) van de tijdelijke vervorming van het wegdek worden gemeten.

Deflectie geeft een beeld van het draagvermogen van een weg, namelijk of de wegconstructie sterk genoeg is om zonder vroegtijdige schade het geraamde aantal voertuigen tijdens de beoogde levensduur van de weg te dragen. Op basis van deze metingen kan bijvoorbeeld de restlevensduur van een weg worden geschat en kunnen homogene zones (met hetzelfde structurele gedrag) worden gedetecteerd.

Werkingsprincipe – Methodiek

Onder druk vervormen materialen. Door de drukkracht met de resulterende vervorming te verbinden, kan een materiaal worden gekenmerkt.

Vanuit een stilstaand voertuig (meestal in het rechterspoor of het midden van een rijstrook) wordt een valgewicht op een metalen schijf met een diameter van 30 cm op het wegdek neergelaten. Zowel het gewicht (enkele tientallen kg) als de hoogte zijn regelbaar. Gekalibreerde rubberen buffers boven de metalen schijf dempen de klap, om zo de geleidelijke belasting van het wegdek bij de passage van een zwaar voertuig met een snelheid van ongeveer 60 km/h te simuleren. De buffers helpen ook schade aan het oppervlak door de inslag te vermijden. Bij het OCW-toestel registreren negen sensoren, zogenoemde

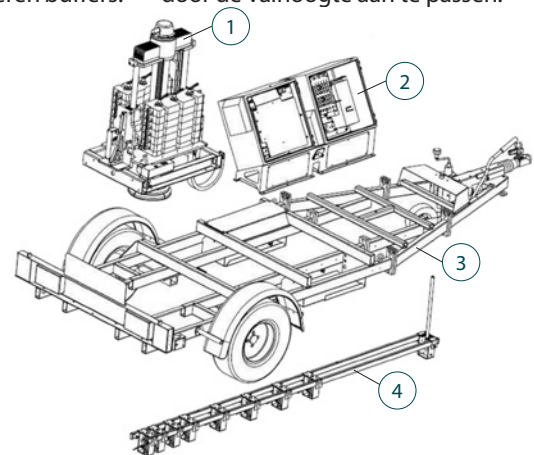
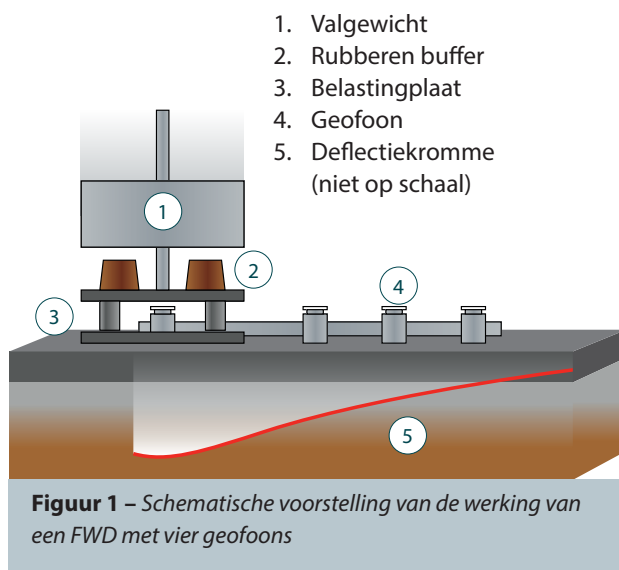
geofoons, de tijdelijke vervorming van het wegdek. De eerste geofoon bevindt zich in het inslagcentrum. De acht andere sensoren zijn op vaste afstanden en steeds verder van het inslagcentrum opgesteld. De maximale afstand tot het inslagcentrum bedraagt 2,4 m. Een krachtcel boven de metalen schijf meet de werkelijke inslagkracht op het oppervlak. De inslagkracht kan worden ingesteld tussen 4 en 120 kN. Uit die gegevens kan de deflectiekromme (vergelijkbaar met een golfdal) van het wegdek worden bepaald. Bij FWD-metingen gaat het eigenlijk om een halve deflectiekromme.

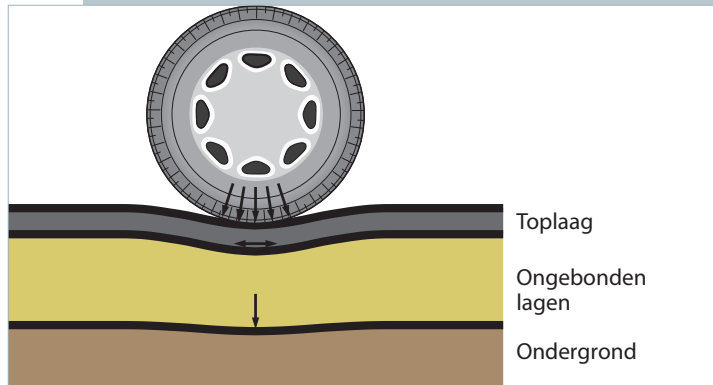
De vervorming van het wegdek is afhankelijk van de structurele kenmerken van de wegconstructie, het valgewicht, de valhoogte en de kenmerken van de rubberen buffers.

De operator kan deze parameters laten variëren om het wegdek voor een bepaalde duur met een gecontroleerde druk te belasten, bijvoorbeeld een kracht van 65 kN en een duur van 25 ms.

In het geval van de Fast-FWD en in tegenstelling tot onze FWD, zal over het algemeen alleen de valhoogte van de massa worden aangepast om de gewenste inslagkracht te verkrijgen. Dit proces kan automatisch worden uitgevoerd door het Fast-FWD besturingssysteem.

Figuur 4 illustreert de verschillende bereiken van de invalkracht die kan worden bereikt, afhankelijk van de waarde van het valgewicht. Voor eenzelfde valgewichtswaarde zal dan de exacte kracht worden bereikt door de valhoogte aan te passen.





Figuur 3 – FWD-simulatie

Mass of Drop Weight		Approx. (Peak) Load Ranges		
kg	(lbs)	kPa/300	kN	lbf
350	(770)	510-1700	36-120	8,000 -27,000
250	(550)	340-1200	24-85	5,300-19,000
150	(330)	170-640	12-45	2,600-10,000
50	(110)	60-170	4-12	1,000-2600

Figuur 4 – Tabel met de verschillende bereiken van de invalkracht die kan worden verkregen voor vier verschillende waarden van de valgewichtsmassa. (Dynatest, 2019, p. 5-56)

The screenshot displays the Dynatest software interface. At the top left, a large digital readout shows '0.369'. Below it are buttons for 'Pause', 'Reset', and 'Freeze'. The interface includes several data fields: 'Air' at 20.0°C, 'Surface' at 15.0°C, and 'Asphalt' at 17.3°C. A graph shows multiple curves representing test results over time. On the right, a map shows the test location in Copenhagen, Denmark, with coordinates: Latitude N55.6661823, Longitude E12.5949750, and Altitude 0.3m. The bottom section contains a detailed test setup form with fields for Facility, District, Section, Start, End, and Test Setup. A table at the bottom shows test data for various stations and lanes.

Figuur 5 – Software-interface voor de besturing van de Fast-FWD tijdens metingen (Dynatest, 2019, p. 9-73)

Resultaten

Deflectiekromme

De resultaten worden bewaard in een ACCESS-bestand, maar kunnen ook worden geëxporteerd als tekstbestand, zoals getoond in figuur 7, en kunnen in een grafiek met een halve deflectiekromme worden uitgezet. Elke kromme wordt bepaald door evenveel punten als er gefoons in de Fast-FWD zijn (negen in het geval van het OCW-toestel).

In het voorbeeld in figuur 6 werd de verharding belast met een maximumwaarde van 1688 kPa, hetzij 120 kN, gedurende een *pulse time* van minder dan 30 ms en bereikte de maximale deflectiewaarde, d.w.z. aan het inslagcentrum, 1298 µm.

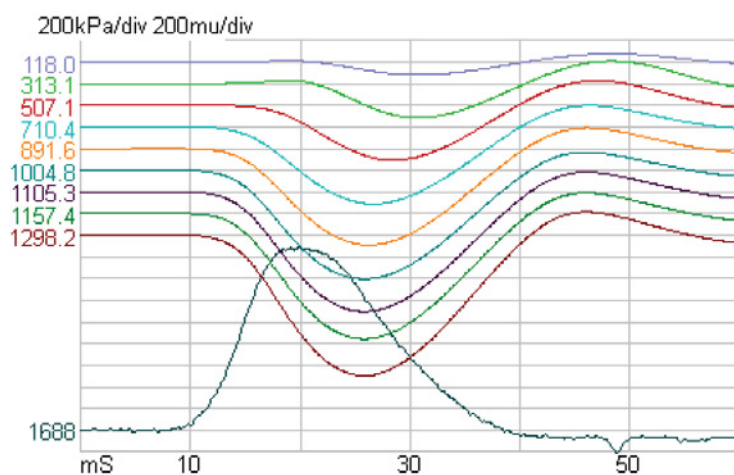
Time history van de gefoonsignalen

Tijdens de meting registreert de Fast-FWD gedurende 60 ms het volledige signaal van elk van de negen sensoren (gefoons) en het signaal van de krachtcel. Al deze gegevens vormen de *Time History*. Deze waarden kunnen in een grafiek worden uitgezet (figuur 6). Ze zijn ook zeer nuttig voor verder onderzoek naar bijvoorbeeld de spreiding van de energie in de verharding, het loskomen van lagen, enz.

Maximale deflectie en homogene zones

Op het hoofdwegennet meet de Fast-FWD doorgaans om de 50 of 100 m. Op basis van deze maximale deflecties (figuur 8) wordt de weg onderverdeeld in homogene zones. Het gaat om wegvakken met zeer gelijkwaardige maximale deflectiewaarden of een statistisch "monotoon" gedrag.

De methode voor opdeling in homogene zones steunt op cumulatieve afwijkingen (figuur 9). Ze wordt aanbevolen en beschreven in het eindrapport van COST-actie 336.



Figuur 6 – Voorbeeld van time history (Dynatest, 2019, blz. 9-78)

Acceptatiegrenzen

België

In België zijn geen eigenlijke acceptatiegrenzen vastgelegd. De meetresultaten moeten worden gelezen in het licht van de beoogde prestaties, bijvoorbeeld ten opzichte van het totale aantal zware voertuigen op de weg tijdens de gehele levensduur. Hierna worden enkele indicatieve waarden gegeven.

	Deflectie (1/100 mm)
Autosnelwegen	< 10
Nationale wegen met 1 en 2 cijfers	< 20
Andere wegen	< 40

Bij wijze van voorbeeld en bijzondere gevallen buiten beschouwing gelaten, kan uit de bovenstaande tabel worden afgeleid dat een autosnelweg met een maximale deflectie kleiner dan tien honderdsten van een mm een goede score haalt. Deze score steunt enkel op de stijfheid van de constructie en houdt geen rekening met andere analysegegevens.

Frankrijk

In Frankrijk zijn voor elke soort van wegconstructie (flexibel, halfstijf, stijf) tabellen vastgesteld, waarin deflectiegrenswaarden en verkeersklassen (D) met een score GOED, MATIG of SLECHT worden verbonden.

Klassen	≤ D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Karakteristieke deflectiegrenswaarden (1/100 mm)	0 - 44	45 - 74	75 - 99	100 - 149	150 - 199	200 - 299	≥ 300
Algemeen prestatieniveau als functie van de verkeersklasse							
T1 - T0	Goed	Matig	Slecht				
T3 - T2	Goed		Matig		Slecht		

Bron: **R. Kobisch**

Durabilité structurelle des chaussées: pathologie et entretien

Séminaire Sétra, LCPC, CFTR, 9 september 2008

<https://docplayer.fr/52183939-Diagnostic-et-conception-des-renforcements-de-chaussees.html>

Figuur 10 – Voorbeeld voor een flexibele wegconstructie

Prestaties

Algemeen

De Fast-FWD kan worden ingezet op alle soorten van wegconstructies (flexibel, halfstijf en stijf) en wegen.

Het toestel kan ook zeer precies op een bepaald punt van de weg worden opgesteld.

Snelheid tijdens metingen

In vergelijking met zijn voorganger is de Fast-FWD bijna twee keer zo snel en zijn er 45 seconden per meetpunt nodig, inclusief de verplaatsing naar het volgende punt.

Gemiddeld dagrendement

- Autosnelwegen: 30 tot 60 km, met een meetpunt om de 100 m.
- Andere wegen: afhankelijk van het aantal, de lengte en de spreiding van de te onderzoeken weggedeelten, evenals van het aantal meetpunten voor elk weggedeelte.
- Op projectniveau kan een Fast-FWD het interval tussen meetpunten aanzienlijk verminderen (bijvoorbeeld om de meter). Dat verlaagt echter sterk het dagrendement.

Meetbereik en resolutie

Meetbereik gefoon:
0 à 2 200 µm.

Resolutie gefoon: 1 µm.

Dankzij deze eigenschappen kan de Fast-FWD zowel op flexibele verhardingen (bv. sommige bitumineuze verhardingen) als op stijve verhardingen (bv. cementbeton) meten.

Weersomstandigheden

Uit technisch oogpunt kan de Fast-FWD in alle weersomstandigheden worden ingezet.

OCW beveelt aan dat de gemiddelde dagtemperatuur (van de lucht) gedurende enkele dagen voor de metingen niet lager dan 5 °C en niet hoger dan 25 °C is.

Beperkingen

- Een Fast-FWD levert standaard geen directe berekening van de kromtestraal af.

Toepassing

Wegsoort	Projectniveau	Netwerkniveau
Autosnelwegen en hoofdwegen	✓	✓
Gemeente- en stedelijke wegen	✓	✓
Voetpaden		
Fietspaden		
Parkeervoorzieningen	✓	✓
Private wegen	✓	✓
Haventerreinen	✓	✓
Vliegveldbanen	✓	✓

Complementari- teit van de meetresultaten

Net zoals een medische diagnose steunt een diagnose van de wegconditie bij voorkeur op meerdere analysefactoren.

Na een snelle verwerking van de gegevens leveren FWD-metingen interpreteerbare, concrete en bruikbare informatie (maximale deflectie en homogene zones) op.

Net zoals voor de meeste apparatuur voor wegconditieonderzoek kan het nuttig zijn de resultaten te toetsen aan die van andere technieken en methoden:

- GPR-metingen;
- kernboringen in elke homogene zone die door de FWD is gedetecteerd;
- terugberekeningen om de elasticiteitsmodulus van de lagen in een wegconstructie te schatten;
- berekening van de restlevensduur van een wegconstructie op basis van de karakteristieke deflectie van elke homogene zone.
- detectie van scheuren (visuele inspectie) aan het wegdekoppervlak die kunnen wijzen op een structurele zwakte van de weg.

Verwante technieken en methoden

- Benkelmanbalk.
- Lacroixdeflectograaf.
- Curviometer.
- TSD (*Traffic Speed Deflectometer*).
- RAPTOR.
- Dynaplaque.
- *Light Falling Weight Deflectometer* – LFWD.

Veiligheid – Signalering

In België zijn de minimale gewestelijke maatregelen voor signalering van een mobiele bouwplaats van categorie 6 van toepassing.

Op autosnelwegen en wegen met tweemaal twee rijstroken beveelt OCW aan de Fast-FWD te laten volgen door twee obstakelbeveiligers, op een afstand van respectievelijk enkele tientallen meters en 100 m.



Literatuur

Van Geem, C. (2017)

Influences of measurement conditions on structural indicators obtained from FWD data.

In : Proceedings of the 10th international conference on the bearing capacity of roads, railways and airfields (BRRCA 2017), Athens, June 28-30, 2017. p. Boca Raton (USA) : CRC Press. ISBN 978-1-13-829595-7.

Van Geem, C. & Grégoire, C. (2013)

Rehabilitation of roads containing cobblestone pavements covered with a bituminous layer.

In : Proceedings of the 9th international conference on the bearing capacity of roads, railways and airfields; Trondheim, Norway, June 25-27, 2013. 10p. S.l. : Akademinska Publishing.

Van Geem, C., Nigro, P. & Berlémont, B. (2015)

The use of deflection measurements in pavement management of the primary road network of Wallonia, Belgium.

In : Proceedings of the 9th international conference on managing pavement assets (ICMPA9), Alexandria, USA, May 18-21, 2015. 13p. Blacksburg (USA) : Virginia Polytechnic Institute and State University – Transportation Institute.

Perez, S. & Van Geem, C. (2010)

Evaluation by FWD and faultimeter of concrete slabs stability.

In : The answer to new challenges : abstracts of the 11th international symposium on concrete roads, Sevilla, October 13-15, 2010. 11p. Brussels : EUPave.

Perez, S. & Van Geem, C. (2010)

FWD on concrete roads : load transfer efficiency, faulting and bearing capacity.

In : Structural condition assessment : papers & presentations of the 6th European FWD User Group meeting, Sterrebeek, June 10-11, 2010. 4p. Brussels : Belgian Road Research Centre (BRRC).

Perez, S., Beeldens, A., Maeck, J., Van Geem, C., Vanelstraete, A., Degrande, G. Lombaert, G. & De Winne, P. (2009)

Evaluation à l'aide du FWD et du faultimètre des stabilisations de dalles en béton.

In : 21ième congrès belge de la route 2009, Gent, septembre 22-25, 2009. 10p. Bruxelles : Association Belge de la Route (ABR).

Van Geem, C., Pilate, O. & David, O. (2009)

Un cas pratique : l'évaluation en fonction des performances attendues, d'un projet de réhabilitation d'un parking et de la voirie d'une station service autoroutière.

In : 21ième congrès belge de la route 2009, Gent, septembre 22-25, 2009. 10p. Bruxelles : Association Belge de la Route (ABR).

Van Geem, C. & De Myttenaere, (2009)

The premature failure of slab pavements at heavily trafficked industrial sites.

In : Proceedings of the 8th international conference on the bearing capacity of roads, railways and airfields (BCR2A'09), Urbana-Champaign, USA, June 29-July 2, 2009. p. Abingdon (UK) : Taylor & Francis.

Kobisch, R. (2008)

Durabilité structurelle des chaussées : pathologies et entretien : guide technique diagnostic et conception des renforcements de chaussées.

In : Séminaire Sétra, LCPC, CFTR, septembre 9, 2008.

European Commission – Directorate General Transport (1997)

COST 325 : new road monitoring equipment and methods : final report of the action.

Brussels : EC. ISBN 978-92-8280-307-3.

European Commission – Directorate General Transport (2005)

COST 336 : use of falling weight deflectometers in pavement evaluation : final report of the action.

Brussels : EC. second edition.

Dynatest. (2019).

Dynatest FastFWD tst systems: Owner's manual (version 2.0.1.1).

Lijst van de steekkaarten

1. **APL** – Meting van de langsvlakheid van wegen
2. **Cartografie** – Voor een heldere diagnose
3. **FPP** – Meting van de langsvlakheid van fietspaden
4. **FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen
5. **GPR** – Radiografie van wegconstructies
6. **SKM** – Meting van de stroefheid van wegen
7. **Qualidimsoftware** – Berekening van de restlevensduur van wegen
8. **Visuele inspectie voor het beheer van stedelijke en gemeentelijke wegennetten**
9. **Structurele prestatie-indicatoren voor wegbeheer**
10. **ViaBEL** – Software voor wegbeheer
11. **CPX** – Geluidsmetingen volgens de *Close ProXimity* (CPX)-methode
12. **Meting van de macro- en megatextuur van wegdekken met de laserprofielmeter**
13. **Waarneming van verkeer en conflicten met camera's**
14. **Verkeersanalyse met pneumatische telslangen**
15. **Geometrische controle van verhoogde inrichtingen op de openbare weg: verkeersdrempels en verkeersplateaus**
16. **Verkeersanalyse met dopplerradar**
17. **Meting van de stroefheid met de *Skid Resistance Tester* (SRT-slinger)**
18. **Meetstoel** – Instrument voor de beoordeling van het comfort van voetgangersverhardingen
19. **Fast-FWD** – Meting van structurele kenmerken van wegen