

ONDERZOEKSOPZET M.B.T. "EEN EVALUATIE VAN HET WINDWAARSCHUWINGSSYSTEEM
MOERDIJKBRUG"

R-80-56

Drs. P.I.J. Wouters

Voorburg, 1980

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

1. Inleiding

2. Onderwerpen van evaluatie

3. De uitvoering van de evaluatie

Bijlage: Offerte IW-TNO

1. INLEIDING

Op verzoek van de Hoofddirectie van de Waterstaat (WVI 46828) bracht de SWOV een consult uit over een windafhankelijke adviessnelheid voor het wegverkeer op de Moerdijkbrug. Daarbij werd al in vroegtijdig stadium op de wenselijkheid gewezen enige veronderstellingen, waarvan in het consult uitgegaan is, door middel van praktijkmetingen te verifiëren (JC/TK/68702). In de schriftelijke verslaglegging werd dit uitvoeriger besproken en werden tevens andere onderwerpen genoemd, waar nader onderzoek of evaluatie nodig lijkt (SWOV R-79-20).

In zijn brief ES 801391 verzoekt de Hoofdingenieur-directeur van de Dienst Verkeerskunde RWS ondermeer de op literatuuronderzoek en veronderstellingen gebaseerde instelcriteria van het windwaarschuwingssysteem te toetsen aan de werkelijkheid. De hierna weergegeven onderzoeksopzet richt zich op deze toetsing en is een voorstel daartoe. In het voorstel is rekening gehouden met de in ES 801391 gestelde financiële randvoorwaarde.

Over het voorstel zal overleg gevoerd worden met vertegenwoordigers van DVK-RWS.

2. ONDERWERPEN VAN EVALUATIE

In het volgende worden aannamen en veronderstellingen uit R-79-20 en daarin nader omschreven, gerubriceerd voorzover relevant voor de genoemde vraagstelling in ES 801391. Een kort commentaar wordt daar aan toegevoegd. Daarna volgt een voorstel voor de keuze van onderwerpen voor evaluatie.

De hier van belang zijnde aannamen en veronderstellingen zijn:

1. m.b.t. aerodynamische storing

Aangenomen is dat de meest ongunstige windomstandigheden midden op de brug optreden. Daarbij werd verondersteld dat de invloed van de landhoofden op de luchtstroming, zoals die bij bepaalde windrichtingen zal optreden, en de vormgeving van de brug, niet al te groot is.

Aanbevolen is de windsnelheid en richting te meten op de plaats waar de ongunstigste windomstandigheden verwacht worden, m.a.w. midden op de brug en wel op zo'n 12 m hoogte in een overigens obstakelvrije ruimte. Als gevolg van het hoogteverschil zal de gemeten windsnelheid afwijken van de windsnelheid ter hoogte van het aerodynamisch drukpunt van personenauto's e.d. Geschat is dat de metingen, afhankelijk van de windrichting, zo'n 5 à 10% te hoog zullen uitvallen.

Er vanuit gegaan werd dat met snelheden van 80, dan wel 100 km/u gereden wordt door resp. vrachtwagens e.d. en personenauto's e.d. Kwalitatief werd aangegeven wat de invloed van andere absolute en relatieve snelheden zou zijn op de zijdelingse verplaatsingen van het door de luchtstromingen gestoorde voertuig. Inmiddels bevestigen nadere berekeningen (Verkeerskunde 31, 1980, nr. 3) het belang van vooral de relatieve rijnsnelheid van de dwarsverplaatsingen van het door de luchtstroming gestoorde inhalende voertuig.

2. m.b.t. de bestuurder/voertuigcombinatie

Bij de berekeningen van de dwarsverplaatsingen van de bestuurder/voertuigcombinatie is o.a. uitgegaan van een bij benadering geldende evenredigheid tussen de grootte van de krachten en momenten op het lichtere voertuig en het produkt van de effectieve rijwindsnelheden van dit voertuig en de gepasseerde vrachtwagen of autobus. Daarbij is aangenomen dat de voertuiguitwijkingen ongeveer evenredig zijn met op het voertuig uitgeoefende krachten en momenten. Het een en ander leidde tot omrekening van

gegeven voertuiguitwijkingen bij verschillende windsnelheden dwars op de rijrichting tot voertuiguitwijkingen bij willekeurige windsnelheid en -richting waarbij effecten van kop- en staartwind verdisconteerd werden. Voor deze omrekening werd gebruik gemaakt van gegevens uit het onderzoek: "An experimental and analytical investigation of the effect of bus-induced aerodynamic disturbances on adjacent vehicle central and performance", D. Weir et al. De gegevens betreffen de voertuiguitwijkingen van een "1972 station wagon" en een vergelijking in "overall-performance" van een aantal voertuigen, waaronder die van deze station wagon en een VW-bus. Op grond van deze vergelijking werden de gegevens over de voertuigdwars-verplaatsingen van de station wagon geschikt geacht voor verdere berekeningen en van toepassing geacht voor de windgevoelige categorie voertuigen van de bestelbusjes. M.b.t. de "overall-performance" is hierbij op te merken dat deze een resultante is van die tengevolge van de aerodynamische en die tengevolge van de "handlings"-eigenschappen van een voertuig. In het algemeen zijn echter de aerodynamische eigenschappen van busjes wat slechter dan die van de "1972 station wagon", terwijl de "handlings"-eigenschappen wat beter zullen zijn.

3. m.b.t. het moment en de duur van geven van het snelheidsadvies

Op basis van KNMI-metingen is een schatting gemaakt van het aantal piekwaarden, die de windsnelheid doorgaans per tijdseenheid vertoont en van de tijd waarin de wind kan aanwakkeren in bijzondere situaties als bij onweersbuien. Mede afhankelijk van de mogelijkheden die de apparatuur biedt is daarop een keuze gemaakt voor het moment van inschakelen, de duur en de verlenging van de duur van inschakelen van de snelheidsadviesborden.

Een wezenlijk onderdeel van de werking van het waarschuwingssysteem voor windhinder vormt de vergelijking van de gemeten windsnelheid en -richting met overeenkomende waarden hiervan volgend uit berekeningen omtrent voertuiguitwijkingen. Het is daarom van belang aandacht te richten op deze meet- en "berekennings"waarden.

Voor de meetwaarden geldt dat zij de meest ongunstige windomstandigheden zoals ondervonden door over de brug rijdende voertuigen moeten weergeven. Gezien 2.1 verdient de kwestie van het hoogteverschil en die van de omstandigheden op verschillende plaatsen op de brug aandacht.

Voor de berekende voertuiguitwijkingen geldt dat deze met name in het gebied van de kritisch geachte uitwijkingen goed overeen moeten stemmen met

de in de praktijk optredende uitwijkingen. Bij de berekende voertuig-
uitwijkingen horen dan de hiervoor genoemde zgn. berekeningswaarden
van windsnelheid en -richting, zoals die in tabelvorm opgeslagen zijn
in het geheugen van de microprocessor. Gezien 2.2 is wenselijk de be-
rekenende voertuiguitwijkingen te toetsen aan de in de werkelijkheid op-
tredende voor de situatie van passeren van vrachtwagens/bussen door een
bestelbusje bij verschillende windsterkte en -richting, waarvoor onge-
veer kritische uitwijkingen verwacht worden.

Tenslotte zij opgemerkt dat als er vanuit gegaan kan worden dat de wind-
metingen goed overeenstemmen met de meest ongunstige windsterktes optre-
dend ter hoogte van het aerodynamisch drukpunt van voertuigen, nog nage-
gaan dient te worden of piekwaarden in windsnelheid, c.q. het aantal
daarvan een goede basis vormen voor in- en uitschakelen van de waarschu-
wingsborden. Dit laatste gezien 2.3.

In verband met het voorgaande wordt voorgesteld de evaluatie van het wind-
waarschuwingssysteem op de volgende drie onderwerpen te richten:

- a. gemeten versus de op voertuigen inwerkende wind;
- b. berekende versus de in de praktijk optredende dwarsverplaatsingen van be-
stuurde voertuigen;
- c. in- en uitschakelcriteria.

3. DE UITVOERING VAN DE EVALUATIE

In het volgende worden mogelijkheden van uitvoering besproken voor de voorgestelde onderdelen van de evaluatie.

1. Gemeten versus de op voertuigen inwerkende wind

Hieraan is uitvoering te geven door gelijktijdig windmetingen te verrichten met de vast opgestelde windmeter midden op de Moerdijkbrug op 12 m hoogte en met losse windmeters en vervolgens de metingen met elkaar te vergelijken. De opstelling van de losse meters hangt samen met het doel van de vergelijking: inzicht in het hoogteverschil, het verschil in wind over de lengte van de brug en het verschil in wind over de breedte van de brug. Vandaar dat de volgende opstellingen van losse meters voorgestaan worden: ter plekke van het midden van de brug, bij de landhoofden en midden daartussen, ter hoogte van het aerodynamisch drukpunt van voertuigen en voor enige hoogtes daaromheen (tussen ca. 0,5 en 2 m), ter plaatse van het aan de windzijde gelegen fietspad en op de rijbaan. Gemeten wordt bij voldoende harde wind komend van richtingen schuin op de brug en gedurende voldoende lange tijd.

Bij de vergelijking van de geregistreeerde meetsignalen, die dient om correlaties vast te stellen, kan zich het probleem voordoen dat de grenslaagstroming dicht bij het wegdek er sterk door beïnvloed wordt. Als methode van vergelijken gaan daarom op dit moment de gedachten uit naar een vergelijking via de vermogensdichtheidsspectra te berekenen uit de meetsignalen.

2. Berekende versus in de praktijk optredende dwarsverplaatsingen

De gedachte gaat hierbij uit naar een veldexperiment ter plaatse van de Moerdijkbrug. In het experiment halen proefpersonen die de geïnstrumenteerde VW-bus van IW-TNO besturen, met 20 km/u snelheidsverschil een vrachtwagen in, die 80 km/u rijdt. Dit bij windomstandigheden waarvoor voertuiguitwijkingen om en nabij kritische waarden verwacht kunnen worden. De uitwijkingen van de VW-bus en de snelheid en richting van de natuurlijke wind worden geregistreerd. Om over enige achtergrondinformatie te kunnen beschikken komt het wenselijk voor in enkele testritten ook metingen te verrichten aan de luchtstroming die op het bestelbusje inwerkt.

Gemeten en berekende voertuiguitwijkingen kunnen nu voor overeenkomende windcondities met elkaar vergeleken worden. De idee bestaat bij deze vergelijking in eerste instantie uit te gaan van de in het consult ontwikkelde formule. Mocht dit niet tot het gewenste resultaat leiden, dan zijn aanvullende metingen zoals hiervoor bedoeld nodig. Hieruit kan dan experimenteel het verband tussen uitwijkingen en windcondities afgeleid worden. Ter toelichting hierop het volgende.

De formule in het consult levert een functioneel verband tussen de voertuiguitwijking en de windsnelheid en -richting, gegeven twee (uit resultaten van Weir e.a. bepaalde) parameters. Vooralsnog bestaat er geen twijfel omtrent de juistheid van dit functionele verband. Wel ontbreekt informatie over preciese waarden van evenredigheidsfactoren e.d. en bestaat er de kwestie rond het verschil in voertuigen. Wanneer nu uitgegaan wordt van de formule, leveren de metingen van het experiment waarden van voertuiguitwijkingen en bijbehorende windsnelheden en -richtingen en kunnen de parameters afgeleid worden. Het functionele verband wordt aldus als het ware via praktijkmetingen geïjkt. Het benodigd aantal metingen hiervoor is relatief gering. Vervolgens kan met de bijgestelde formule een nieuwe set curves berekend worden voor de voertuiguitwijkingen bij verschillende windsnelheden en -richtingen. Deze set kan vergeleken worden met die uit het consult, hetgeen tot bijstellingen kan leiden.

Blijken de meetwaarden zodanig dat "ijking" niet zinvol is of zijn er onverklaarbare verschillen tussen beide sets curves, dan ontstaat er een nieuwe situatie. In dat geval is het mogelijk met extra metingen in aanvulling op de reeds verrichte, een set curves te ontwikkelen, maar dan alleen op basis van de praktijkmetingen. In deze onderzoeksopzet zijn de consequenties van een optreden van die situatie niet verder uitgewerkt.

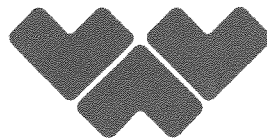
Uit het vorige zal het voordeel van de voorgestelde uitvoeringswijze duidelijk zijn. Eerst wordt met een onderzoek van beperkte omvang nagegaan of de berekende waarden van het consult correct zijn. Lukt dit niet, dan is het verzamelde materiaal niet waardeloos. Het kan alsnog, zij het aangevuld met meer materiaal van identieke aard, gebruikt worden voor een op metingen berustende bepaling van voertuiguitwijkingen bij windstoringen.

Tenslotte nog enige opmerkingen. Een verificatie van theoretische verbanden zoals die tussen bestuurder/voertuig/storing, moet buiten het kader van deze evaluatie vallen. Dit komt aan de orde in het in samenwerking met IW-TNO uitgevoerde SWOV-onderzoek 204.3 "Windhinder voor wegvoertuigen",

dat thans nog lopend is. Voor het aspect rijnsnelheid en verschilsnelheid is verder op te merken dat wanneer "ijking" mogelijk blijkt, aan extrapolaties zoals die in Verkeerskunde gepubliceerd, ook in absolute zin des te meer betekenis gehecht mag worden. Bij een heroverweging van de keuze van (verschil-)snelheden zou hiervan gebruik gemaakt kunnen worden.

3. In- en uitschakelcriteria

De voor 3.1 verrichte metingen en de wellicht voor 3.1 verrichte bewerking van dit materiaal kan hier opnieuw gebruikt worden. Verondersteld wordt dat dit deel van de evaluatie wat methode en uitwerking betreft voor een belangrijk deel parallel zal lopen aan die van 3.1.



**instituut voor
wegtransportmiddelen TNO**

research institute for road vehicles

TNO-Complex Zuidpolder
Schoemakerstraat 97
Postbus 237, 2600 AE Delft
Telefoon (015) 569330
Telex 31453 zptno nl

Uw ref.:

Ons nr. 80-4566 GT/ltz

Delft, 29 augustus 1980

betreft: offerte

Leucite heer Houters,

Hierbij doen wij u een offerte toekomen overeenkomstig uw gesprek met onze heren Elink Schuurman en Tanis op 20 augustus jl. Deze aanbieding betreft 'Evaluatie van het windwaarschuwingssysteem Moerdijkbrug'.

Zoals ook door u aangegeven kan deze evaluatie in twee delen worden opgesplitst.

- A. Verificatie van berekende dwarsverplaatsingen voor een VW-bus bij het passeren van een groot voertuig (bijv. een vrachtwagen) onder bepaalde windomstandigheden.
- B. Correlatie tussen de door Rijkswaterstaat gemeten windsnelheid en windrichting midden op de brug en de windomstandigheden welke relevant zijn voor wegvoertuigen en de gevolgen van eventuele verschillen voor de in- en uitschakelcriteria.

ad. A.

Verificatie van berekende dwarsverplaatsingen

De verificatie betreft alleen die van een VW-bus bij het passeren van een vrachtwagen. Hiertoe zullen met een geïnstrumenteerde VW-bus bestuurd door een drietal 'nominale' bestuurders- metingen verricht worden onder windomstandigheden die in de buurt liggen van de verwachte problematische omstandigheden. Omdat de te meten dwarsverplaatsingen van het geïnstrumenteerde voertuig gecorreleerd moeten worden aan de 'natuurlijke' windomstandigheden dienen de experimenten in de buurt van een 'vast' opgestelde windmeter uitgevoerd te worden. Deze 'vast' opgestelde windmeter (windmeter gemonteerd op een auto) kan geplaatst worden op het fietspad aan de zuid-westzijde van de brug of op de nabij gelegen vluchtstrook. Door gebruik te maken van een speciaal op de meetdagen te huren vrachtwagen kunnen de passeermanoeuvres van VW-bus en vrachtwagen bij de windmeter plaatsvinden.

De aldus verkregen dwarsverplaatsingen en windgrootheden leveren meetpunten op, welke vergeleken worden met de berekende curves, overeenkomstig het in het verleden gedane voorstel. Zonodig worden deze curves verder geëvalueerd.

Verondersteld wordt dat:

1. Rijkswaterstaat medewerking verleent bij het plaatsen van de 'vaste' windmeter op het fietspad of op de vluchtstrook gedurende de experimenten.
2. Eventuele vergunningen voor het rijden met een geïnstrumenteerd voertuig (ver uitstekende windmeter) geen beletsel vormt.

N.b. Als extra zullen de stuurwielverdraaiingen van de bestuurder tevens gemeten en geregistreerd worden. Deze immers kunnen een indicatie geven van de belasting van de bestuurder.

ad. B

Correlatiemetingen

Om de correlatie tussen de windgrootheden, welke gemeten worden door de windmeter van RWS, (midden en hoog boven de brug) met de windomstandigheden, welke van belang zijn voor het wegverkeer, te bepalen worden metingen uitgevoerd. Met een windmeter die geplaatst is op een voertuig zullen onder gevarieerde -doch relevante- windomstandigheden, op een vijftal plaatsen gelijkmatig verdeeld over de brug aan de zuid-westzijde, windsnelheden en -richtingen gemeten worden, die vergeleken worden met gelijktijdig gemeten windgrootheden door de vaste windmeter van RWS. Het is mogelijk dat als gevolg van de constructie van de brug en de vangrails, er een zodanig vertikaal windprofiel ontstaat dat deze verdisconteerd moet worden in de beschouwingen. Dit hoogteprofiel wordt éénmalig gemeten onder de juiste windomstandigheden op een vijftal plaatsen en wel op de rechter rijstrook van de autoweg. De correlatie zelf wordt uitgevoerd via de vergelijking van de vermogensdichtheidsspectra. Hieruit zullen conclusies getrokken worden t.a.v. de in- en uitschakel criteria.

Verondersteld wordt dat:

1. RWS de dataverwerking en datapresentatie van hun meetsysteem zo verandert dat haar windgegevens bruikbaar worden voor het correlatieonderzoek.
2. De windmeter van RWS zich midden, hoog boven de brug bevindt.
3. RWS zorg draagt voor de verkeersregeling indien gedurende 1 à 2 uur op de rechterrijstrook verticale profielmetingen uitgevoerd worden. (Bij de juiste windomstandigheden.)
4. RWS haar medewerking verleent bij het rijden en stilstaan van een met de windmeter uitgevoerde auto op het fietspad of op de vluchtstrook.

N.b. Indien de dataverwerking en datapresentatie van het windmeetsysteem van RWS niet tijdelijk aangepast kan worden, dan dient het IW een windmeter in de onmiddellijke nabijheid van de windmeter van RWS te plaatsen. Dit levert montage-, voedings- en bedradingsproblemen op, die eerst met RWS doorgesproken dienen te worden alvorens financieel in te schatten.

Bovenstaande houdt o.a. de volgende werkzaamheden in:

1. Het instrumenteren van de VW-bus
 - a. Een gestabiliseerd platform t.b.v. het bepalen van de dwarsverplaatsing met een koersgiro.
 - b. Een opnemer voor het maken van de stuurwielverdraaiingen
 - c. Een snelheidsmeter
 - d. Signaalconditionerings- en dataregistratie-apparatuur
 - e. Een windmeter.
2. Het opstellen van een 'vaste' windmeter met uitleesmogelijkheid.
3. Overleg met Rijkswaterstaat betreffende het wijzigen van de signaalverwerking en datapresentatie van hun vaste windmeter.
4. Het instrumenteren van een meetwagentje met een reeks van windmeters waarmee verticale windprofielen gemeten kunnen worden tot een hoogte van $\pm 2\frac{1}{2}$ m.
5. Het uitvoeren van metingen.
6. Dataverwerking en systeemanalyse m.b.v. een digitale rekenmachine.
7. Rapportage.

De duur van het projekt wordt uiteraard in sterke mate bepaald door het al of niet optreden van de juiste weersomstandigheden, doch zal waarschijnlijk niet langer dan drie maanden in beslag behoeven te nemen. Na ontvangst van de opdrachtbevestiging zal binnen een tweetal weken met de werkzaamheden kunnen worden aangevangen.

Hopende u hiermede een passende offerte te hebben gemaakt verblijven wij,

hoogachtend,


ir. drs. P. D. van der Koogh