

WINDHINDER VOOR HET WEGVERKEER OP DE STORMVLOEDKERING OOSTERSHELDE

R-85-47

Drs. P.I.J. Wouters

Leidschendam, 1985

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



VOORWOORD

In 1981 heeft de Deltadienst van de Rijkswaterstaat, als direct verantwoordelijke instantie voor de bouw van de Oosterscheldekering, aan de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat gevraagd een advies uit te brengen ten aanzien van de eventueel te verwachten verkeersveiligheidsproblemen als gevolg van de wind op de Oosterscheldekering.

Naar aanleiding van dit verzoek heeft de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV in opdracht van de Dienst Verkeerskunde een consult samengesteld omtrent de windhinderproblematiek voor wegverkeer in bijzondere situaties (SWOV R-82-24).

In dit consult is naast een probleemanalyse en suggesties voor oplossingen, een voorstel uitgewerkt voor een onderzoeksmethodiek gericht op het verschaffen van nader inzicht in de aard en ernst van windhinderproblemen op specifieke locaties en voor het ontwikkelen van maatregelen daartegen.

De inrichting van dit onderzoek voorziet in windtunnelmetingen, mens/-machinesysteem-simulaties alsmede het met elkaar in verband brengen en nader analyseren van de resultaten van deze metingen en simulaties.

Het onderzoek waartoe door de Dienst Verkeerskunde namens het Ministerie van Verkeer en Waterstaat opdracht is gegeven, is in 1984 gestart. Het onderzoek is begeleid door de Begeleidingsgroep Onderzoek Windhinder Oosterscheldekering (BOWO) waarin zitting hebben:

- de Dienst Verkeerskunde van de RWS;
- de Deltadienst van de RWS;
- de Directie Zeeland van de RWS (toekomstige beheerder van de kering);
- de SWOV, als architect van het onderzoek.

De windtunnelmetingen zijn verricht door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR). Van de resultaten wordt verslag gedaan in rapport NLR TR 85084L.

De voertuigsimulaties zijn uitgevoerd door het Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO (IW-TNO). De resultaten hiervan zijn weergegeven in rapport 700430145.

De resultaten van de windtunnelmetingen en simulaties zijn door de SWOV in verband met elkaar gebracht en nader geanalyseerd. Op basis hiervan

zijn aanbevelingen opgesteld. De resultaten zijn weergegeven in dit rapport.

Alhoewel de rapporten van het NLR en het IW-TNO afzonderlijk zijn uitgebracht dienen deze in samenhang met dit rapport van de SWOV beoordeeld te worden.

De voorzitter van de BOWO,
ir. A. Wilmink

SAMENVATTING

Dit rapport bevat een samenvattende beschrijving van de onderzoeken naar de hinder van wind voor het wegverkeer over de toekomstige stormvloedkering van de Oosterschelde, een analyse van de onderzoekresultaten en aanbevelingen voor maatregelen.

De onderzoeken betreffen windtunnelmetingen aan een schaalmodel van de kering ter vaststelling van het windprofiel, al dan niet bij toepassing van windafschermende voorzieningen waaronder die van zgn. half-doorlatende windschermen. Tevens zijn simulaties uitgevoerd van de bewegingen die bestuurde voertuigen onder de inwerking van de op de kering heersende wind maken.

Als de schuiven van de kering zijn neergelaten, kan de rijstrook voor windsnelheden van 15 m/s gemiddeld door voertuigen met een rij snelheid van ca. 100 km per uur overschreden worden. Als de schuiven van de kering op één of enkele na alle geheven zijn, kan de rijstrookbegrenzing eveneens overschreden worden. Nu echter reeds voor wind van beperkte sterkte. Half-doorlatende schermen met een hoogte van 2 m blijken een effectief middel om het windklimaat op de kering te verbeteren.

Het neerlaten van alle schuiven komt dusdanig weinig voor dat voor de windhindersituatie die daarmee gepaard kan gaan incidenteel te treffen maatregelen in de vorm van een tijdelijke snelheidslimiet en inhaalverbod aanbevolen worden. Het neerlaten van één of enkele schuiven bij overigens geheven schuiven dient al bij relatief lage windsnelheden vermeden te worden. Indien onderhoudsregelingen hierin niet kunnen voorzien, dienen voorzieningen tegen de windhinder getroffen te worden. Genoemde halfopen windschermen bieden hiertoe een mogelijkheid.

INHOUD

Voorwoord

1. De inrichting en het verloop van het onderzoek
 - 1.1. De onderzoekopzet
 - 1.2. Het windtunnelonderzoek
 - 1.3. De simulatiestudies

2. De resultaten van de eerste onderzoekscyclus
 - 2.1. De baan van het voertuig
 - 2.2. Invloeden van het windprofiel op de voertuigbaan
 - 2.2.1. De windhoeken
 - 2.2.2. De C_v -waarden
 - 2.3. De invloed van verschillen in windsterkte
 - 2.4. Eén of enkele schuiven neergelaten

3. Conclusies uit de eerste onderzoekscyclus

4. Het verloop van de tweede onderzoekscyclus

5. De invloed van de schuifhoogten

6. Mogelijkheden tot windafscherming
 - 6.1. Een afdichting tussen de pijlers
 - 6.2. Een half-open windscherm langs de rijbaan
 - 6.3. De invloed van de onderspleet

7. Veranderen van rijbaan

8. Conclusies na de tweede onderzoekscyclus

9. Slotbeschouwing

Literatuur

Afbeeldingen 1 t/m 3

Tabellen 1 t/m 9

Bijlagen 1 t/m 6

VOORWOORD

In 1982 werd het consult "Windhinder voor het wegverkeer" (lit. 1) uitgebracht aan de Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde. Het consult had de hinder van wind voor het wegverkeer tot onderwerp en ging in het bijzonder in op de veiligheid van het verkeer over de toekomstige stormvloedkering in de Oosterschelde. Het bevatte een probleemanalyse, een inventarisatie van maatregelen en voorzieningen, en tevens een onderzoeksmethodiek, die voor de Oosterscheldesituatie uitgewerkt is tot een onderzoekvoorstel. Dit voorstel voorziet in een inrichting van het onderzoek in drie fasen (Bijlage 1).

Medio juni 1984 berichtte de Dienst Verkeerskunde dat tot uitvoering van het onderzoek, conform genoemd voorstel, overgegaan kon worden. De werkzaamheden van de eerste fase zijn thans afgerond. Deze fase had tot doel de ernst en de aard van de windstoring voor het verkeer op de stormvloedkering vast te stellen ten behoeve van de besluitvorming omtrent het treffen van maatregelen en de keuze van de maatregel. Tevens is een deel van de tweede fase uitgevoerd. Het doel hiervan was in eerste exploratie de mogelijkheden van windschermen na te gaan voor het verbeteren van het windklimaat voor het verkeer over de stormvloedkering. Resultaten uit de eerste fase en inzicht in praktische consequenties van een eventueel aanbrengen van dergelijke voorzieningen, maakten in afwijking van de opzet een in eerste instantie exploratief uitvoeren van fase II gewenst.

Globaal onderscheiden zijn voor de onderzoeken drie soorten werkzaamheden verricht.

Ten eerste: het vaststellen van de grootte en aard van de windstoring door metingen aan de windprofielen voor verschillende condities van een in een windtunnel geplaatst schaalmodel van de stormvloedkering. Deze werkzaamheden zijn uitgevoerd door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium (NLR) en beschreven in de verslaglegging "Windtunnelonderzoek naar de windhinder op de autoweg op de stormvloedkering in de Oosterschelde" (lit. 2).

Ten tweede: het berekenen en analyseren van de koersafwijkingen, c.q. de voertuigbaan, van de aan de windinvloed blootgestelde bestuurder/voertuig-combinaties door mathematische simulaties van het bestuurder/voer-

tuig/omgeving-systeem. Deze werkzaamheden zijn uitgevoerd door het Instituut van Wegtransportmiddelen (IW-TNO), waarvan verslaglegging is gedaan in "Berekening van de te verwachten windhinder op de Stormvloedkering Oosterschelde" (lit. 3).

Ten derde: de hiermee verkregen onderzoekresultaten dienen, mede in hun onderlinge samenhang, verwerkt te worden tot een advies over het al-dan-niet treffen van maatregelen, en, zonodig, over de keuze van de maatregel, c.q. het eventueel bijstellen van de inrichting van het vervolgonderzoek van volgende fasen.

Dit rapport doet verslag van de laatstgenoemde soort werkzaamheden, die door de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV uitgevoerd zijn.

Het rapport is opgesteld door drs. P.I.J. Wouters (Afdeling Pre-crash onderzoek SWOV).

Prof. ir. E. Asmussen, directeur

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

1. DE INRICHTING EN HET VERLOOP VAN HET ONDERZOEK

In dit hoofdstuk wordt kort aangegeven hoe het onderzoek van fase I ingericht was en hoe het onderzoek feitelijk verlopen is. Daartoe wordt besproken welke werkzaamheden om welke reden en in welke volgorde verricht zijn en welk materiaal ze globaal opgeleverd hebben. Dit teneinde de in volgende hoofdstukken te geven bespreking van de onderzoekresultaten te situeren. Een uitvoerige behandeling van de onderzoekopzet, de uitvoering en het verkregen materiaal is te vinden in de reeds genoemde rapporten (lit. 1, 2 en 3).

1.1. De onderzoekopzet

In de probleemanalyse (lit. 1) die aan de inrichting van het onderzoek vooraf gaat, wordt - zij het voornamelijk in kwalitatieve zin - ingegaan op de factoren die mogelijk van belang zijn voor de windhinderproblematiek van het verkeer over de toekomstige stormvloedkering. Samengevat betreffen deze factoren enerzijds de invloed die de kering uitoefent op de stroming van de heersende wind die ter plekke extra sterk kan zijn en anderzijds de inwerking van de aldus bijzondere karakteristieken vertonende luchtstroming op het wegverkeer. Genoemde invloed wordt veroorzaakt door alleen al de aanwezigheid van de dam in het luchtstromingsveld en door vormgevingskenmerken van de dam: de op regelmatige afstanden geplaatste pijlers met hamerstukken, de schuiven, resp. de hoogten waarop zij geheven zijn en overgangen in die hoogten (zie bijv. Bijlage 2). De invloed verschilt met de (hoofd)richting van de heersende wind; zo zijn in het bijzonder voor oostelijke dan wel westelijke wind grote verschillen in het windprofiel te verwachten. Tevens kunnen er verschillen optreden voor de westelijke en oostelijke rijbaan. De mate waarin de luchtstroming tot koersafwijkingen van bestuurde voertuigen aanleiding geeft hangt samen met de eigenschappen van de stroming in relatie tot die van bestuurders en voertuigen. Hierover zij slechts vermeld dat in het onderzoek uitgegaan wordt van een "modale" bestuurder, een windgevoelig voertuig en een rij snelheid van ruim 100 km per uur en dat in de simulatiestudies van IW-TNO voorzien is in frequentie- en amplitude- eigenschappen van de bestuurder/voertuig-combinatie.

In het licht van deze analyse (en zijn kwantitatieve aard) werd fase I,

die in de inrichting van het totale onderzoek (zie Bijlage 1) aangeduid wordt met "(kwantitatieve) toetsing van de probleemanalyse", onderverdeeld in de drie successievelijk uit te voeren deelprojecten:

- I.1. het meten en visualiseren van de windprofielen;
- I.2. het berekenen en analyseren van de koersafwijkingen, c.q. de voertuigbaan;
- I.3. een concluderend advies ten behoeve van de besluitvorming en eventueel vervolgonderzoek.

Deze deelprojecten zijn uiteindelijk in twee volledige cyclussen uitgevoerd. De reden daarvoor is gelegen in de uit de eerste cyclus verkregen bevinding dat de hoogte waarop de waterkeringsschuiven geheven worden als onderzoekvariabele extra aandacht verdient, mede met het oog op de aard van een oplossing voor de windhinderproblematiek. Deze bevinding wordt in het volgende hoofdstuk besproken; daarna wordt vervolgd met het verloop van de tweede cyclus.

Thans wordt verder gegaan met een overzicht van de werkzaamheden van de eerste cyclus (I.1.a; I.2.a; I.3.a) en het daaruit verkregen materiaal.

1.2. Het windtunnelonderzoek

Teneinde inzicht te krijgen in het relatieve belang en de onderlinge samenhang van de verschillende variabelen die uit de vormgeving van de kering voortkomen, zijn in de windtunnel eerst zogenaamde rookproeven aan het schaalmodel verricht. Op grond van deze visualisaties van het luchtstromingsprofiel zijn in eerste instantie vier basis-meetconfiguraties uitgekozen:

- schuiven neergelaten
- schuiven geheven in de stand van + 13,10 m NAP (ca. 1 m uitstekend boven het wegdek)
- een overgang in schuifhoogten van resp. + 13,10 m naar + 12,10 m NAP
- dezelfde overgang in schuifhoogten plus een onderspleet van 2 m.

In deze vier gevallen is uitgegaan van de grootste hoogte van de hamerstukken.

De eerste configuratie betreft het geval van een gesloten stormvloedkering; een situatie die, al zal de kering niet vaak afgesloten worden, dan veelal samengaat met voorkomen van harde wind. In deze configuratie is de afscherming van wind door de pijlers en hamerstukken de voornaamste variabele.

Bij geheven schuiven is de invloed van de kering op de luchtstroming het grootst. De schuiven veroorzaken daarbij een wervel die voor bepaalde schuifhoogten boven de rijweg komt te liggen. De schuifhoogte van 13,10 m is verkozen als exemplarisch voor het fenomeen van de wervels boven het wegdek. De keuze houdt verder verband met de inrichting van de derde configuratie: een overgang van twee schuifhoogten, de ene 1,10 m uitstekend boven het wegdek en de andere (die van + 12,10 m NAP) nagenoeg even hoog als het wegdek. Behalve dat hier (een verandering in de ligging van) de wervel een rol speelt, is nu ook een verschil in de mate van afscherming van wind door de schuiven van belang. Vooral dit laatste effect, dat voor deze schuifhoogten het meest uitgesproken uit de rookproeven naar voren kwam, wordt in deze configuratie beschouwd.

In de vierde configuratie worden de beide fenomenen van wervels over de weg en afscherming opnieuw onderzocht, maar nu met een opening van 2 m hoogte tussen het wateroppervlak en de onderzijde van de geheven schuiven. Een situatie die bij eb voorkomt. De configuratie is in het meetprogramma opgenomen omdat de rookproeven bij aanwezigheid van een onderspleet een tegen het wegoppervlak "aandrukken" van de wervel te zien gaven. Dit kan van betekenis zijn voor de mate van inwerking van de wervel op het verkeer en de grootte van het verschil in afscherming voor de verandering in schuifhoogte.

Voor de vier genoemde configuraties nu zijn over anderhalf segment van de kering de windsnelheid en de windrichting op 1,20 m hoogte boven het wegdek bepaald voor:

- de westelijke en de oostelijke rijbaan
- per 15° van de windrichtingen van 0° tot en met 360° (i.v.m. de standaard meetprocedure van het NLR)

Onder één segment wordt overigens een gedeelte: pijler/schuif verstaan. Verder zij opgemerkt dat de windsterkten op de kering in relatie tot die van de "heersende" wind gemeten zijn en derhalve opgegeven worden in de vorm van een coëfficiënt (de C_v -waarde), die het verhoudingsgetal is van de lokale windsnelheid en de algemene windsnelheid op de referentiehoogte van 10 m.

1.3. De simulatiestudies

De voornoemde meetresultaten vormden het uitgangspunt voor de (mathematische) simulaties van het bestuur/voertuig/omgeving-systeem. Deze simula-

ties leveren, als "output" van het systeem, de berekende voertuigtrajectoriën op de weg op. Door deze trajectoriën voor een selectie van de beschikbare windmetingen te berekenen, was het mogelijk die combinaties van configuraties en windhoeken voor verdere verwerking te kiezen die wat de betekenis van de verschillende onderzoekvariabelen en de grootte van de zijdelingse voertuiguitwijkingen betreft het meest relevant zijn. Deze combinaties staan in Tabel 1 vermeld. De simulaties zijn uitgevoerd voor een heersende windsnelheid van 15 m/s. Teneinde inzicht te krijgen in de grootte van de voertuiguitwijking bij het toenemen van de windsterkte zijn de meetgegevens van de configuratie: schuiven neergelaten, tevens gebruikt voor een simulatie bij 20 m/s en 25 m/s windsnelheid. De resultaten hiervan zijn van belang voor vraagstellingen rond de kans op voorkomen van deze windsterkten in relatie tot de ernst van de koersuitwijking.

Behalve voornoemde simulaties, zijn door IW-TNO nog twee andere situaties in de simulatiestudies verwerkt. De eerste betreft een situatie, waarin alle schuiven opgetrokken zijn tot een hoogte van + 13,10 m NAP, terwijl één tot drie schuiven in het midden van de reeks neergelaten zijn. Een situatie die ondermeer bij onderhoudswerkzaamheden kan voorkomen. Hierbij is gebruik gemaakt van (een samenstel van de) meetgegevens uit de overeenkomende configuraties. De tweede betreft een simulatie voor wind met een stochastisch karakter: een gemiddelde windsnelheid van 9,5 m/s, variaties tussen de 6 à 13 m/s. Hiervoor is gebruik gemaakt van metingen die in het onderzoek op de Moerdijkbrug verkregen zijn, en wel op 2,80 m hoogte boven het wegdek (lit. 4 en 5). Deze simulatie dient om inzicht te krijgen in de grootte van de dwarsverplaatsingen als gevolg van alleen natuurlijke wind: deze dwarsverplaatsingen dienen bij die veroorzaakt door het specifieke windprofiel van de kering "opgeteld" te worden.

2. DE RESULTATEN VAN DE EERSTE ONDERZOEKCYCLUS

Dit hoofdstuk is gewijd aan het materiaal dat uit de eerste cyclus van uitvoering van fase I ter beschikking gekomen is. Eerst wordt een overzicht gegeven van de resultaten uit de simulaties voor de selectie van combinaties van configuraties en windhoeken volgens Tabel 1. Vervolgens wordt ingegaan op de aan deze resultaten achterliggende oorzaken. In aansluiting daarop wordt de betekenis besproken van de invloed van de sterkte van de heersende wind en het stochastische karakter van deze wind op de zijdelingse voertuiguitwijkingen. Tenslotte komt de situatie van één of enkele neergelaten schuiven bij verder alle schuiven gegeven aan de orde.

2.1. De baan van het voertuig

In Tabel 2 staan de maximale verschillen vermeld van de afwijkingen (naar "links" en naar "rechts") in de baan van het voertuig, met andere woorden de totaal benodigde rijstrookbreedten zoals die volgen uit de simulatiestudies (lit. 3). Dit voor een vaste snelheid van de heersende wind van 15 m/s, bij een door de bestuurder aangehouden rij snelheid van 30 m/s (108 km per uur) en voor de combinatie van configuratie en windhoek volgens Tabel 1. In deze uitkomsten zijn derhalve nog geen invloeden van een stochastische component van de luchtstroming, inherent aan natuurlijke wind, opgenomen; alleen de inwerking van de kering in zijn verschillende configuraties op het stromingsprofiel komt erin tot uitdrukking.

Uit Tabel 2 blijkt dat de grootste dwarsverplaatsingen een orde grootte van 0,35 à 0,45 m hebben. Zij treden op bij neergelaten schuiven en wel voor de westelijke rijbaan bij de windrichtingen: 240°, 225° en 210° en voor de oostelijke rijbaan bij 315° en 300°. De genoemde hoeken zijn relatief genomen ten opzichte van de oriëntatie van de lengterichting van de kering volgens de conventie die in Afbeelding 1 aangegeven wordt. Gegeven de conventie en gezien de rijrichting op beide rijbanen houdt dit in dat de grootste koersafwijkingen optreden bij wind "schuin op kop" en dat voor wind uit zee.

Uit Tabel 2 blijkt tevens dat wind schuin van voren op de oostbaan, maar nu vanuit oostelijke richtingen (hoek: 45°) voor geen van de configura-

ties tot grote koersafwijkingen leidt. Dit geldt overigens ook, maar ligt dan in de lijn van de verwachting, voor wind schuin van achteren op de westelijke rijbaan. Gekoppeld met de constatering omtrent het voorkomen van de grootste afwijkingen, leidt dit tot de gevolgtrekking dat de invloed van pijlers en hamerstukken op de luchtstroming een belangrijke oorzaak voor de koersafwijking vormt.

2.2. Invloeden van het windprofiel op de voertuigbaan

Voorzover het gaat om veranderingen in het windprofiel zoals door de kering in de verschillende configuraties bewerkt, bieden de metingen van windsnelheid en -richting in de ruimte boven de weg informatie over oorzaken voor het uiteindelijke verloop van de voertuigbaan. Alvorens op die metingen in te gaan, zij opgemerkt dat een rijdend voertuig te maken heeft met een zogenaamde schijnbare wind, die vectoriëel is samengesteld uit de rijwind en de ware wind. De dwarswind is de loodrecht op het zijvlak van het voertuig staande component van de schijnbare wind (zie Afbeelding 2). De totale luchtkracht op het voertuig is recht evenredig met het kwadraat van de schijnbare windsnelheid. De dwarskracht (en het giermoment) kan daaruit door ontbinding in onderling loodrechte componenten afgeleid worden (lit. 6). Interpretaties van windsnelheidscoëfficiënten (C_v -waarden) en -hoeken dienen met deze verbanden rekening te houden; de in de IW-rapportage (lit. 3) opgenomen γv^2 -waarden (hoek maal snelheid in het kwadraat) vormen hiervoor een hulpmiddel.

2.2.1. De windhoeken

In Tabel 3 worden schattingen gegeven van de gemiddelde waarde van de windhoeken, uitgaande van de in het IW-rapport (lit. 3) in extenso opgenomen meetgegevens. In een aantal gevallen (aangegeven met *) treden zodanige variaties in de windhoek op dat de schattingen als dubieus beschouwd moeten worden. Desalniettemin bieden de uitkomsten een indicatie over de macroscopische invloed van de kering op de luchtstroming, voorzover dat op de rijbaan merkbaar is.

Opvallend is dat wind uit de oostelijke richting van 45° door de kering afgebogen wordt in een richting parallel aan de rijbaan. Dit geldt voor alle configuraties en voor zowel de oostelijke als de westelijke rijbaan.

Een dergelijk "richtend" effect van de kering op de windrichting is eveneens, behalve voor de configuratie: schuiven neergelaten, te constateren voor andere windrichtingen. De mate waarin de (geschatte) gemiddelde windrichting van de "algemene" windrichting verschilt loopt voor de twee rijbanen, en daarmee voor de twee rijrichtingen, soms vrij veel uiteen; dit opnieuw in tegenstelling tot de situatie van neergelaten schuiven. Wat variaties in windhoek betreft, geldt dat er bij een windhoek van 45° in geen van de meetsituaties hoekveranderingen van enige betekenis optreden. Het algemene beeld voor de overige (tunnel)hoeken is dat dat de veranderingen in windhoek op de weg voor de situatie van schuiven neerdoorgaans geleidelijker verlopen dan bij de overige configuraties. Een duidelijk beeld over de absolute verschillen in windhoek voor de diverse situaties is evenwel niet te geven.

Tenslotte nog enige kanttekeningen bij het voorgaande. Het ontbreken van een richtend effect in het geval van de neergelaten schuiven, verklaart enerzijds deels dat voor de westelijke rijbaan de richtingen 240° , 225° en 210° en voor de oostelijke de richtingen 300° en 315° het meest kritisch zijn. Er is dan immers wind schuin van voren. Dat wind uit de richting van 45° niet kritisch is, moet dan aan het bestaan van een richtend effect voor die richting toegeschreven worden. Bovendien kan onder deze omstandigheden nog nauwelijks sprake zijn van een invloed van de pijlers. Een tweede kanttekening betreft de verschillen in gemiddelde windrichting, zoals die geconstateerd is voor beide rijbanen. In geval van passeren kan dit inhouden dat verkeersdeelnemers te maken krijgen met niet onbelangrijke verschillen in windsituatie. Op dit onderwerp wordt nog teruggekomen.

2.2.2. De C_v -waarden

In Tabel 4 staan twee soorten gegevens samengevat, afgeleid uit de C_v -waarden, c.q. het verloop van de windsnelheidscoëfficiënt, gegeven in lit. 3. Het eerste betreft het verschil in maximale en minimale C_v -waarde: ΔC_v , en vormt een (relatieve) maat voor de verschillen in windsterkte waarmee het verkeer te maken krijgt. Het tweede betreft de maximale en minimale waarde van C_v en geeft inzicht in het (relatieve) niveau van de windsterkte, waarop dan voornoemde verschillen ondervonden worden. De gegevens betreffen schattingen; voorzover ze voorzien zijn van een *

bestaat er twijfel over hun waarde. Die twijfel wordt meestal veroorzaakt door een verschil in begin- en eindwaarde van de curve; een verschil dat niet zou mogen optreden en wellicht een artefact is van het meten aan het schaalmodel.

Het overzicht van de ΔC_v -waarden in Tabel 4 geeft aan dat het verkeer in de configuratie van neergelaten schuiven te maken krijgt met aanzienlijk grotere verschillen in windsnelheid dan in de overige configuraties, en wel voor alle geanalyseerde windhoeken met uitzondering van die van 45° . Over het geheel genomen gaat het om een grootte-orde van 2 à 3. Deze uitkomst bevestigt het al eerder genoemde belang van de invloed van pijlers en hamerstukken bij de lage schuifstanden.

Een tweede belangwekkende constatering betreft het in dezelfde tabel gegeven overzicht van maximale en minimale C_v -waarden. In alle configuraties waarbij de schuiven geheven zijn blijkt de (relatieve) windsnelheid op de weg aanmerkelijk lager te zijn dan in het geval van neergelaten schuiven. In de regel treden er reducties van zo'n 50% op. De schuiven, althans voor die hoogten waarbij gemeten is, bewerken kennelijk een duidelijke afscherming van de wind, hetgeen zowel in absolute hoogte van als in verschillen in windsterkte tot uitdrukking komt.

Wanneer het tegelijkertijd voorkomen van de hoogste ΔC_v -waarden en de maximale C_v -waarden beschouwd wordt, dan blijken voor de configuratie van neergelaten schuiven de ongunstigste condities op de westelijke rijbaan op te treden bij richtingen van de heersende wind van 240° , 225° en 330° . Op de oostelijke rijbaan zijn dit 240° , 225° , 315° en 300° . Wanneer reenschap gegeven wordt van de rijrichting, c.q. het aspect wind schuin van voren of van achteren, zullen voor het verkeer de situaties: westelijke rijbaan, 240° en 225° en oostelijke rijbaan, 315° en 300° de grootste mate van windhinder opleveren. Deze bevindingen zijn in overeenstemming met en vormen, samen met het in par. 2.2.1 besprokene, een verklaring voor het optreden van de grootste afwijkingen in de baan van het bestuurde voertuig (Tabel 2).

Wat wind uit de richting van 45° betreft, valt op te merken dat de wind niet, dan wel tot rond 25%, in sterkte verlaagd wordt en dat de ΔC_v -waarden niet al te hoog liggen. Gecombineerd met het richtende effect van de kering op de windrichting (zie par. 2.2.1) valt niet te verwachten dat wind uit deze richting problemen voor het verkeer zal opleveren.

Tenslotte wordt teruggekomen op de kanttekening in par. 2.2.1 over de

verschillen in windsituatie op de westelijke en oostelijke rijbaan. De uitkomsten, zoals hiervoor genoemd, van kritische combinaties van voorkomen van hoge ΔC_v -waarden en de maximale C_v -waarden bij oostelijke baan, 240° en 225° , houden in dat bij neergelaten schuiven passeersituaties tot problemen kunnen leiden. Simulaties van de voertuigbaan, die hierover uitsluitsel kunnen geven, zijn evenwel niet uitgevoerd.

2.3. De invloed van verschillen in windsterkte

De simulaties van de voertuigbaan die tot nu toe zijn besproken, gingen uit van een vaste waarde voor de snelheid van de heersende wind. Die waarde was 15 m/s. Teneinde de invloed van een toename in windsnelheid te leren kennen, zijn simulaties voor de meest relevant gebleken configuratie van de neergelaten schuiven uitgevoerd bij windsnelheden van 20 en 25 m/s. Daaruit blijkt (zie lit. 3) dat de betreffende waarden uit Tabel 2 voor windsnelheden van 20 m/s over de gehele linie zo'n $1\frac{1}{2}$ maal en voor windsnelheden van 25 m/s rond 2 maal zo groot worden.

Natuurlijke wind in de grenslaag boven het aardoppervlak heeft wat snelheid en richting betreft een stochastisch karakter. Dit houdt in dat er verschillen in windsnelheid en -richting rond hun gemiddelde waarden optreden. Deze afwijkingen, die verschillen in windbelasting op het voertuig veroorzaken, kunnen overigens niet door de menselijke bestuurder voorspeld worden. De in de werkelijkheid op de kering heersende windomstandigheden worden derhalve enerzijds bepaald door de vormgevingskenmerken van de kering: een gedurige invloed, en anderszijds door het karakter van de natuurlijke wind: een wisselvallige invloed. Teneinde inzicht te krijgen in de grootte van laatstgenoemde invloed op de baan van het voertuig is een simulatie uitgevoerd, waarbij gebruik gemaakt is van meetgegevens uit het onderzoek rond het windwaarschuwingssysteem op de Moerdijkbrug (lit. 4). Ze zijn op een circa 4 m hoger gelegen plaats vastgelegd dan de overeenkomende meetpunten van het schaalmodel, maar wel, en dat is verreweg het belangrijkste, in het luchtstromingsgebied boven het wegoppervlak, namelijk op 2,80 m boven het wegdek. De windsnelheid bedroeg gemiddeld 9,8 m/s, maximale variaties tussen 6 en 13 m/s. De gemiddelde windhoek was 43° ; de voor windhinder meest ongunstige windrichting van wind "schuin van voren". Alleen frequenties in het (relevante) gebied van 0,1 Hz en hoger werden beschouwd. Dit windstoringssignaal

veroorzaakte dwarsplaatsingen van 0,13 cm bij 15 m/s gemiddelde windsnelheid en 0,18 en 0,23 cm bij resp. 20 en 25 m/s (zie lit. 3). Gezien de hiervoor gegeven toelichting zullen de waarden van de zijdelingse uitwijkingen uit Tabel 2 dan ook met de overeenkomende genoemde waarden verhoogd moeten worden. Aldus wordt bijvoorbeeld de maximale dwarsverplaatsing bij neergelaten schuiven van 0,44 m bij 15 m/s vaste windsnelheid, bij stochastische wind van gemiddeld 20 m/s met 0,40 m verhoogd tot 0,84 m.

De voor de simulaties gekozen uitgangswaarden van vaste windsnelheden van resp. 15, 20 en 25 m/s moeten enerzijds gezien worden tegen de achtergrond van het stochastische karakter van natuurlijke wind in de grenslaag en anderzijds tegen die van het voorkomen van (hoge) windsnelheden. Wat het eerste betreft, en zoals overigens de gegevens over het windmeetsignaal van de Moerdijk ook illustreren, valt op te merken dat in natuurlijke wind variaties rond de gemiddelde windsnelheid van 40% voor nog relevante vlagduren kunnen optreden. Dit gegeven houdt in dat bij neergelaten schuiven voor windsnelheden van natuurlijke wind vanaf gemiddeld 15 m/s rekening gehouden moet worden met rijstrookoverschrijdingen.

Uit gegevens van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (lit. 7) is informatie over het voorkomen van gemiddelde windsnelheden te verkrijgen. In Bijlage 3 is een distributieve frequentieverdeling opgenomen van de "uurgemiddelde potentiële windsnelheid" voor het lichtschip Texel (metingen over open water) over 100.000 waarnemingen. Wellicht liggen de gegeven waarden, gezien ook het verloop van de isotachen (lijnen van gemiddelde windsnelheid) voor Nederland, enigszins te hoog. Ze lijken de situatie in de Oosterscheldemonding evenwel beter te representeren dan die van de andere windmeetstations, met name ook Vlissingen, waar boven land gemeten wordt. Het beeld nu dat de gegevens bieden over het aantal uren per jaar dat wind van een gemiddelde snelheid per uur zou kunnen voorkomen op de Oosterschelde is als volgt:

<u>Windklasse</u>	<u>Texel, duur van voorkomen</u>	<u>(VL)</u>	<u>(DH)</u>
15,0 t/m 15,9 m/s :	95 uur/jaar	(15)	(69)
16,0 t/m 20,9 m/s :	184 uur/jaar (cumulatief)	(17)	(93)
20,0 t/m 20,9 m/s :	8 uur/jaar	(1)	(5)
21,0 t/m 25,9 m/s :	14 uur/jaar (cumulatief)	(-)	(5)
25,0 t/m 25,9 m/s :	1 uur/jaar	(-)	(-)

Ter vergelijking zijn tussen haakjes de overeenkomende waarden voor Vlissingen (VL) en Den Helder (DH) toegevoegd.

De weergegevens en het stochastische karakter van natuurlijke wind in rekening brengend, leiden tot de verwachting dat windsnelheden tussen de 15 en 20 m/s redelijk veelvuldig op de kering zullen optreden.

2.4. Eén of enkele schuiven neergelaten

Met behulp van enige rekenkundige manipulaties is IW-TNO in staat gebleken uit het bestand van meetgegevens een simulatie uit te voeren voor de nagebootste situatie van alle schuiven op + 13,10 m NAP en één tot drie schuiven neergelaten. Voor een vaste windsnelheid van 15 m/s, wind uit zee, blijkt de stapvormige overgang in schuifhoogte en daarmee in winddruk dwarsverplaatsingen tot 1,50 m te veroorzaken. Dat de stapvormige overgang inderdaad de oorzaak is, valt op te maken uit simulaties voor een overeenkomende situatie, maar nu met resp. twee en drie neergelaten schuiven. De grootste uitwijking treedt namelijk steeds op direct na de overgang in schuifhoogte en de grootte van de uitwijking is in de drie situaties steeds dezelfde. Simulaties bij andere vaste windsterkten: 12 m/s en 9 m/s zijn eveneens uitgevoerd: bij 9 m/s vast blijkt de uitwijking nog 0,80 m te kunnen zijn (zie lit. 3).

Genoemde uitkomsten zijn relevant in verband met onderhoudswerkzaamheden aan de pijlerdam. Het zal duidelijk zijn dat in het opstellen van schema's voor bewegingscontrôles en onderhoudswerkzaamheden een onderwerp dat verder buiten het kader van dit onderzoek valt, het neerlaten van één of meer schuiven terwijl de overige geheven zijn, zonder meer vermeden dient te worden als het gaat om de grootste schuiven. Hoe de situatie ligt rond lagere schuifhoogten is vooralsnog onbekend.

3. CONCLUSIES UIT DE EERSTE ONDERZOEKCYCLUS

Op hoofdzaken samenvattend, is uit de bespreking van de resultaten van de eerste onderzoekcyclus van fase I in Hoofdstuk 2 naar voren gekomen, dat:

- bij neergelaten schuiven en wind vanuit zee met een sterkte vanaf 15 m/s voertuigen bij een rijsnelheid van 30 m/s naar verwachting zodanig grote zijdelingse uitwijkingen zullen maken dat de rijstrookbegrenzing overschreden wordt;
- bij de grootste schuifhoogten van + 13,10 m en + 12,10 m NAP, met en zonder een overgang voor deze hoogten en met en zonder een onderspleet, het verkeer tot windsnelheden rond de 20 m/s en ongeacht de windrichting, niet méér hinder van de wind zal ondervinden dan over land bij dergelijke wind het geval zal zijn.

Belangrijk daarbij is te vermelden dat:

- windsnelheden van 15 à 20 m/s op de Oosterscheldekering veelvuldig genoeg zullen voorkomen om daar rekening mee te houden;
- met betrekking tot het ontstaan van voornoemde windhindersituaties, gegeven schuiven, althans voor de hoogten die in het onderzoek tot nu toe meegenomen zijn, de windsnelheid verlagen en de windsnelheidsverschillen geïnduceerd door de afscherming van wind door pijlers en hamerstukken, verkleinen.

Het voorgaande roept enerzijds een vraag op omtrent de duur van en de windomstandigheden waaronder de schuiven van de kering neergelaten worden. Anderzijds is er de implicatie dat de schuiven in opgehaalde toestand een reeks verschillende hoogten kennen (zie Bijlage 4) en dat het onderzoek geen gegevens biedt over de windsituatie op de weg voor die hoogten. Beide onderwerpen zijn van belang voor de vraagstelling of het treffen van maatregelen tegen windhinder op de kering wenselijk is en voor de aard van een eventuele maatregel of voorziening. Dit laatste heeft dan weer invloed op het vervolgonderzoek.

Over het eerste punt is al opgemerkt dat de Deltadienst verwacht dat de stormvloedkering jaarlijks slechts gedurende een korte periode gesloten zal zijn, maar dat dit sluiten doorgaans samen zal gaan met een situatie van harde wind uit zee. Wat het aantal malen van sluiten, c.q. neerlaten van schuiven betreft wordt voorzichtig gesproken van één of enkele keren per jaar en wat de duur aangaat, van één tot enkele etmalen per keer.

Afbeelding 3 illustreert (conform Bijlage 4) het verloop van de schuifhoogten voor drie stroomgeulen van de Oosterschelde: Hammen, Schaar en Roompot en wel ten opzichte van de ligging van het wegdek. Hieruit blijkt dat bij de begin- en eindtrajecten schuifhoogten voorkomen, die aanzienlijk lager zijn dan die waarvoor in het onderzoek metingen verricht zijn. De vraag daarbij is of zij eveneens de windsnelheid en verschillen daarin verkleinen, en bij welke hoogte tot in welke mate, dan wel dat de situatie van neergelaten schuiven voor hen meer representatief is.

De hiervoor vermelde vraagstelling is cruciaal. Indien het zo is dat de lagere schuifhoogten een aanzienlijk minder gunstige invloed hebben op het windklimaat van de weg over de kering, houdt dit in, gezien de mate van voorkomen van de situatie, dat op begin- en eindtrajecten van de kering relatief veelvuldig onwenselijke windhindersituaties zullen optreden. Kortom, vergt een ongewenste mate van windhinder voor het sporadisch voorkomen van een gesloten kering slechts een tijdelijke maatregel, in de situatie van lagere schuifhoogten kan een permanent aangebrachte voorziening tegen windhinder nodig zijn.

De vraag is alleen met behulp van metingen en simulaties te beantwoorden; de kwalitatieve informatie die via rookproeven is te verkrijgen is hiervoor ongeschikt. Uitvoering geven aan dergelijke metingen en simulaties, volgens een inrichting analoog aan de eerste onderzoekscyclus, is dan ook ten sterkste aan te bevelen.

Het specifieke effect dat de schuiven op het windprofiel ter plekke van de rijweg hebben, leidt tot de gedachte een eventueel wenselijke voorziening voor de windhinder niet alleen te zoeken in de vorm van een voorziening langs de weg, zoals het in lit. 1 aanbevolen half-open windscherm. Overwogen kan nu namelijk ook worden de ruimte tussen de bovenkant van een schuif en de weg de "dichten". Behalve de vraag of hiertoe in technisch/constructief opzicht mogelijkheden aanwezig zijn, zijn er vragen omtrent de effectiviteit van deze oplossing tegenover die van een windscherm, de kostenkant en het esthetische aspect. Uit het aanbevolen vervolgonderzoek kan volgen voor welke schuifhoogten (wellicht) voorzieningen wenselijk zijn. Voor die hoogten kan met relatief geringe inspanning nagegaan worden of en in hoeverre beide vormen van oplossingen verschillen in effectiviteit. Tegelijkertijd kan de grootte-orde, i.c. de ruimtelijke omvang van de voorzieningen, vastgesteld worden. Deze gege-

vens zijn van dusdanig belang voor een beslissing over de aard van een eventuele noodzakelijke oplossing voor de windhinderproblematiek en derhalve voor fase II van het onderzoek, dat aan te bevelen is de tweede onderzoekscyclus van fase I hiertoe mede in te richten.

Tenslotte wordt in verband met mogelijke problemen tijdens inhalen aanbevolen de invloed van verschillen in windomstandigheden over de rijbanen op de voertuigdwarsverplaatsingen nader te bestuderen. Uitgaande van reeds beschikbare windgegevens zouden hiertoe situaties uitgevoerd kunnen worden.

4. HET VERLOOP VAN DE TWEEDE ONDERZOEKCYCLUS

Conform de aanbevelingen van Hoofdstuk 3, is de tweede onderzoekcyclus opgezet teneinde de invloed van verschillen in schuifhoogten op de mate van windhinder voor het verkeer over de kering vast te stellen. Tevens is in de opzet een eerst exploratie vervat van de mogelijkheden het windprofiel te wijzigen door ofwel de ruimte tussen de bovenzijde van een schuif en het wegdek af te dichten, ofwel een de wind gedeeltelijk doorlatend scherm te plaatsen ongeveer waar de geleiderailconstructie aan de westzijde zich bevindt. De inrichting van deze cyclus is analoog aan die van de eerste cyclus: in de windtunnel worden voor verschillende configuraties de windkarakteristieken bepaald, die als ingangsgrootheden dienen voor simulaties van het bestuurder/voertuig-systeem, hetgeen dan weer uitgangspunt vormt voor uitspraken over de windhindersituatie (m.b.t. Bijlage 1: I.1.b; I.2.b; I.3.b).

In de Oosterscheldekering komen zeven verschillende schuifhoogten voor - in stappen van 1 m van + 7,10 m NAP oplopend tot + 13,10 m NAP - waarvan de beide grootste hoogten al in het onderzoek voorkwamen. In eerste instantie is een proefmeting van het windsnelheidsprofiel verricht voor ieder van de vijf overige schuifhoogten bij een volledige serie windrichtingen: van 0° tot 360° per 15° , en voor de oostelijke en westelijke rijbaan. Hieruit bleek dat de windsnelheden min of meer geleidelijk met de schuifhoogten variëren; in ieder geval was er geen sprake van een duidelijk bij alle windrichtingen optredend "omslagpunt" in de windsnelheden, hetgeen (extra) aandacht voor een specifieke schuifhoogte zou rechtvaardigen. Tevens bleken de verschillen in windsnelheden voor een stap in schuifhoogte van 1 m doorgaans relatief gering. Beide uitkomsten van de proefmeting maken het mogelijk zowel het aantal meetconfiguraties te beperken, als die zodanig te kiezen dat bij een gering aantal configuraties toch een goed beeld van de windomstandigheden op de kering - ook voor andere schuifhoogten - te verkrijgen is. In aanvulling op de schuifhoogten van + 12,10 m en + 13,10 m NAP zijn daarom de kleinste schuifhoogte van + 7,10 m en de middenmaat schuifhoogte van + 10,10 m NAP gekozen. Voor deze twee configuraties zijn de windsnelheden en -richtingen bepaald voor de oost- en westbaan voor de (tunnel)windrichtingen: 45° , 90° , 210° , 225° , 240° , 255° , 285° , 300° , 315° en 330° (hoeken, gegeven volgens de

conventie van Afbeelding 1). Kortom, voor alle eerder onderzochte windhoeken, plus die van 285° . Deze laatste hoek is opgenomen in verband met zijn analoge betekenis voor de oostbaan als de hoek van 255° heeft voor de westbaan.

Voor genoemde (tunnel)windhoeken zijn in de configuratie van schuiven op + 7,10 m NAP tevens de windkarakteristieken bepaald in de gevallen dat langs de weg een windscherm geplaatst zou zijn, dan wel de open ruimte tussen bovenkant schuif en wegdek voor een deel "afgedicht" zou zijn. Ook deze metingen zijn voorafgegaan door een proefmeting, die bovendien gekoppeld werd met provisorische simulaties van het bestuurder/voertuigstelsel. In deze meting werden voor de beide de windstroming beïnvloedende voorzieningen en verschillende dimensies (i.c. de hoogte) daarvan, de windsnelheden op de weg bepaald. Met tevens een als eerste-ordebenadering gebruik maken van de overeenkomstige gegevens over de windhoeken op de weg, verkregen uit de eerste onderzoekscyclus, konden nu de voertuigbanen berekend worden. Op basis van deze kwantitatieve gegevens, die in ieder geval interpretatieproblemen zoals omschreven in par. 2.2 vermijden, is een relevante orde van grootte bepaald van de in de tweede meetcyclus op te nemen windbeïnvloedingsvoorzieningen. Voor het dichtmaken van de opening tussen schuif en wegdek is een dicht (dat wil zeggen, de wind niet doorlatend) scherm gekozen met een hoogte van 3 m, aangebracht telkens tussen twee pijlers, met de bovenzijde even hoog als het wegdek (+ 12 m NAP). Afhankelijk van de schuifhoogte derhalve dicht dit scherm de ruimte tussen bovenkant schuif en wegdek geheel of gedeeltelijk af. Voor de afscherming op de weg is een scherm gekozen dat de wind voor ca. 40% doorlaat, voor de hoogten van 2 m en van 3 m, geplaatst nabij de westelijke geleiderailconstructie.

In de situaties: afdichting tussen de pijlers en scherm op de weg van 3 m hoog is bovendien een meetserie uitgevoerd voor het geval van een spleet van 2 m onder de dorpel. Dit stemt overeen met een waterhoogte, zoals die bij eb voorkomt.

Tenslotte zij vermeld dat voor het hierboven omschreven materiaal aan windgegevens een complete serie simulaties verricht is, alle bij een vaste windsnelheid van 15 m/s. De windgegevens en de resultaten van de simulaties zijn opgenomen in lit. 2 en lit. 3.

5. DE INVLOED VAN DE SCHUIFHOOGTEN

Het meeste directe gegeven over de invloed van de schuifhoogten op de mate van windhinder voor het verkeer op de kering vormt uiteraard het uiteindelijke baanverloop, c.q. de maximale uitwijkingen daarin. Tabel 5 geeft een overzicht van die maximale uitwijkingen (afgeleid uit lit. 3) voor de configuraties van schuiven op + 7,10 m en + 10,10 m NAP, bij een vaste windsnelheid van 15 m/s en een rijsnelheid van 30 m/s. In de tabel zijn ter vergelijking tevens de eerder verkregen uitkomsten voor "schuiven neergelaten" en "schuiven op + 13,10 m NAP" opgenomen.

Over het geheel genomen blijken de uit de simulaties volgende maximale dwarsverplaatsing nauwelijks van elkaar te verschillen, wanneer de uitkomsten van de 7,10 m- en 10,10 m-situaties met elkaar vergeleken worden. Dit geldt tevens voor een vergelijking van deze beide met de 13,10 m-configuratie. Deze constatering houdt niet in dat de uitkomsten over de drie configuraties een overzichtelijk beeld bieden. Zo valt met name in een onderlinge vergelijking per (tunnel)windrichting op dat de grootste uitwijkingen per configuratie bij verschillende windrichtingen optreden. Die grootste uitwijkingen, en het gaat dan om een grootte-orde van 0,20 à 0,30 m, liggen namelijk voor de 13,10 m-situatie bij 240° en 255° oostbaan, voor de 10,10 m-situatie bij 210° en 225° westbaan en 315° oostbaan en voor de 7,10 m-situatie bij 240° en 255° westbaan.

Worden de uitkomsten van genoemde drie configuraties over het geheel genomen, dan wel per (tunnel)windrichting, vergeleken met de configuratie van schuiven neergelaten dan blijken bij neergelaten schuiven in het algemeen grotere dwarsverplaatsingen op te treden. De maxima hebben daarbij een orde van grootte van 0,35 à 0,45 m en komen merendeels voor bij (tunnel)windrichtingen die ook voor de drie andere configuraties de grootste uitwijkingen opleveren.

De gegevens over de windhoeken lenen zich, behalve voor een beschouwing in macroscopische zin zoals in par. 2.2.1 over een richtend effect van de kering op de windrichting, moeilijk voor een detailanalyse van oorzaken voor koersafwijkingen. De metingen per segment van de kering vertonen namelijk veelal forse verschillen in windrichting. Ook in termen van alleen ΔC_v - en maximale C_v -waarden worden achterliggende oorzaken niet altijd duidelijk. Ter illustratie hiervan is Tabel 6 opgenomen, waarin voor de westelijke rijbaan een overzicht wordt van ΔC_v -waarden en minimale en

maximale C_v -waarden, zoals geschat uit de gegevens van lit. 3. Uit de tabel valt te constateren dat de windsnelheidsverschillen op de kering bij geheven schuiven doorgaans kleiner zijn dan bij neergelaten schuiven en dat die verschillen met het toenemen van de schuifhoogten meestal iets kleiner worden. Analoog geldt dit voor de maximaal optredende windsnelheden. Tevens bestaat er een zeker verband tussen het optreden van de maximale uitwijkingen in de voertuigbaan en het voorkomen van ongunstige combinaties terzake van grote ΔC_v - en grote maximale C_v -waarden. Hiermee is evenwel niet in alle gevallen het optreden van de grootste uitwijkingen te verklaren. Zo valt bijvoorbeeld in het geval van + 7,10 m NAP, 225° windrichting, westbaan op, dat bij een $\Delta C_v = 0,71$ en $C_v\text{-max} = 0,96$ de voertuiguitwijking slechts 0,12 m is. In dit geval varieert de windhoek op de weg globaal tussen 180° : "kopwind" en 245° : "wind schuin van voren". Het voorbeeld illustreert overigens de opmerkingen in par. 2.2 over de problemen rond interpretaties van windgegevens en het belang derhalve van het kunnen beschikken over de uitkomsten van de simulaties.

De hiervoor besproken resultaten leiden tot een volgend beeld over de windhindersituatie op de kering. Duidelijk is geworden dat bij geheven schuiven voor alle schuifhoogten minder grote baanafwijkingen optreden dan in de situatie van neergelaten schuiven. De grootte-orde van de maximale uitwijkingen bij geheven schuiven is zodanig dat voor windsnelheden tussen 15 en 20 m/s vast met daarbij een invloed van de stochastische component van de wind, bestuurders soms met hun voertuig tot aan de grens van de rijstrookbegrenzing kunnen geraken. Dit zal van hen uiteraard de nodige inspanningen vergen. Een bijkomend aspect is dat tijdens het rijden over de kering verschillende schuifhoogten gepasseerd worden, hetgeen voor een heersende wind uit één bepaalde richting tot verschillende baanafwijkingen zal leiden. De situatie is derhalve voor bestuurders "onbestemd", ook al omdat de grootte van die uitwijkingen over de lengte van de kering genomen niet geleidelijk verloopt. Tezamen nemend, bij geheven schuiven zal het rijden over de dam bij harde wind niet direct het gevaar van rijstrookoverschrijding opleveren; het rijden zal echter inspannend en oncomfortabel zijn.

De verschillen in zijdelingse uitwijkingen over de reeks (tunnel)windrichtingen zijn verder zodanig dat een eventuele maatregel tot windafscherming niet te beperken is tot of voor bepaalde schuifhoogten.

6. MOGELIJKHEDEN TOT WINDAFSCHERMING

Zoals besproken is, bevat de tweede onderzoekscyclus een eerste exploratie van de mogelijkheden de windhinder op de Oosterscheldekering te verminderen door een dichten van de ruimte tussen schuif en wegdek en door half-open windschermen langs de rijweg. In beide gevallen vormde het uitgangspunt een schuifhoogte van + 7,10 m NAP, zijnde de situatie waarbij een geheven schuif de geringste windsnelheidsverlaging en de minste vermindering in windsnelheidsverschillen op de weg over de kering zal bewerken. De simulaties zijn weer uitgevoerd bij een vaste windsnelheid van 15 m/s en een rijnsnelheid van 30 m/s.

6.1. Een afdichting tussen de pijlers

In het schaalmodel werd tussen de pijlers een de wind niet doorlatende plaat aangebracht met een hoogte overeenkomend met 3 m in ware grootte; de bovenkant even hoog als de wegdekhogte. Zoals opgemerkt, dicht dit scherm afhankelijk van de schuifhoogte de ruimte tussen de bovenkant van de schuif en het wegdek geheel of gedeeltelijk af. De resultaten van de simulatiestudies (lit. 3) staan in Tabel 7 samengevat.

Het aanbrengen van de afdichting blijkt tot een verslechtering van de windhindersituatie te leiden in vergelijking tot schuiven op + 7,10 m NAP zonder afdichting. Er komen nu zelfs, en dat geldt voor beide rijrichtingen, zijdelingse uitwijkingen voor van grootten (ca. 0,40 m) die overeenkomen met die van de meest ongunstige configuratie: de neergelaten schuiven. Als optie voor een eventuele oplossing voor de windhinder op de kering komt het aanbrengen van afdichtingen derhalve te vervallen.

Over de achtergronden van de uitkomsten uit de simulaties is te vermelden dat de maximale C_v -waarden gemiddeld over alle (tunnel)windhoeken en beide rijrichtingen ca. 23% lager liggen dan de sterkte van de heersende wind. De afdichting heeft derhalve wel degelijk het windsterkteverlagende effect dat verwacht werd. De ΔC_v -waarden, c.q. de verschillen in windsterkte, blijken evenwel nog relatief groot te zijn, zij het dat zulke extreme waarden als die bij neergelaten schuiven niet optreden. Samen met het doorgaans voorkomen van grote variaties in windrichting op de weg, ziet het er derhalve naar uit dat bij afdichting sterk wisselvallige windomstandigheden optreden die de dwarsverplaatsingen veroorzaken.

Hierbij een enkele kanttekening. Te veronderstellen is dat de besproken wisselvalligheid het gevolg is van de bijzondere vormgeving van de kering en dat het effect van de windsnelheidsverlaging een meer algemeen geldende eigenschap is van de "afdichting". Dit houdt in dat deze wijze van windbeïnvloeding perspectieven kan bieden voor situaties waarin vormgevingseigenschappen geen doorslaggevende rol spelen.

6.2. Een half-open windscherm langs de rijbaan

Voor de twee schermhoogten van 2 en 3 m staan tevens in Tabel 7 de uitkomsten van de simulaties vermeld voor het geval dat een half-open windscherm aan de zeezijde van de rijbaan gesitueerd is, ter plekke van de geleiderailconstructie. Met als maatstaf voor de windhinder: de maximale uitwijkingen, is nu uit een vergelijking tussen de situaties: met en zonder scherm enerzijds en schermhoogte: 2 m en 3 m anderzijds de invloed van resp. de aanwezigheid van een scherm en van zijn hoogte te bepalen. Over het geheel genomen blijkt een windscherm een gunstige invloed uit te oefenen. Zo liggen de waarden van de maximale zijdelingse uitwijkingen bij een 2 m hoog scherm gemiddeld rond de 30% lager en bij een 3 m hoog scherm ca. 50% lager dan die zonder een scherm. Tevens geldt dat de extremen in die waarden duidelijk lager zijn komen te liggen: zonder scherm was dit 0,28 m; met scherm wordt dit resp. 0,15 m en 0,17 m. Hoewel het een lager gemiddeld niveau aangaat zijn, evenals in Hoofdstuk 5, ook hier relatief grote verschillen in dwarsverplaatsingen te constateren. Verder treden die verschillen per configuratie bij andere windrichtingen op. In het geval van géén scherm liggen bijvoorbeeld de hoogste uitkomsten bij 240° en 255° , westbaan (resp. 0,28 m en 0,25 m) en bij 315° , oostbaan (0,18 m); voor het 2 m hoge scherm is dit 255° en 285° , westbaan (beide 0,15 m) en voor het 3 m hoge scherm bij 255° , oostbaan (0,17 m). Met andere woorden, zonder windschermen treden de grootste dwarsverplaatsingen op bij windrichtingen schuin van voren komend; met windschermen bestaat er de tendens tot een verschuiven van die meest kritische windrichting naar (bijna) haaks op de weg.

De gegevens uit Tabel 7 geven aanleiding de uitkomsten meer uitdrukkelijk ook onderscheiden naar rijbaan, c.q. rijrichting te beschouwen. Eerst zij opgemerkt dat in de configuraties: schuiven neergelaten, schuiven op + 7,10 m NAP en op + 10,10 m NAP de uitwijkingen gemiddeld genomen op de

westbaan enigszins groter uitvallen dan op de oostbaan. Ook de grootste uitwijkingen komen westelijk voor. Voor de hoogste schuifstanden is de situatie minder duidelijk, dan wel komen op de oostbaan grotere uitwijkingen voor. Tegen deze achtergrond nu van enige mate meer windhinder voor de westelijke rijbaan voor schuifhoogten tot en met + 10,10 m NAP, valt het volgende op. Vergeleken met "schuif op + 7,10 m NAP zonder scherm" (zie volgende tabel) heeft het plaatsen van een scherm van 3 m hoogte voor de oostelijke rijbaan over het geheel genomen geen effect.

		zonder scherm	scherm van 2 m	scherm van 3 m
W	\bar{x}	0,14 [m]	0,08	0,03
E	(σ)	(0,09)	(0,06)	(0,02)
S	max.	0,28	0,15	0,05
T				
O	\bar{x}	0,09	0,08	0,09
O	(σ)	(0,06)	(0,03)	(0,04)
S	max.	0,18	0,12	0,17
T				

Het gemiddelde en het maximum van de dwarsverplaatsingen zijn immers (nagenoeg) gelijk. Het 2 m hoge scherm daarentegen veroorzaakt een iets lagere gemiddelde uitwijking en een kleinere extreme waarde daarbij. In eenzelfde vergelijking voor de westbaan blijken er bij het 3 m hoge scherm uiterst geringe dwarsverplaatsingen op te treden. De eerder genoemde winst van een verlaging van de dwarsverplaatsingen over beide rijrichtingen van 50% wordt dan ook op de westbaan geboekt! Voor het 2 m hoge scherm geldt dat zowel de gemiddelde uitwijking als de extreme waarde daarin duidelijk gereduceerd worden (en wel tot een niveau dat nog enigszins beter is dan dat bewerkt door het 3 m scherm op de oostbaan). Met dit al is te concluderen dat het 2 m hoge half-open windscherm een voor oost- en westbaan evenwichtig positieve invloed heeft op de windhinder. Wat gemiddelde en extreme waarde in uitwijkingen betreft, is de mate van die invloed bovendien alleszins bevredigend te achten. Wat achterliggende oorzaken van dit resultaat aangaat bieden de in

Tabel 8 opgenomen gegevens over ΔC_v -waarden en maximale C_v -waarden enig aanvullend inzicht. Zo blijkt dat bij aanwezigheid van schermen zowel de maximale C_v -waarden als de ΔC_v -waarden (voor zover deze te bepalen waren) gereduceerd worden en wel vooral voor de westelijke rijbaan in een aanzienlijke mate. Bovendien zijn de verschillen tussen de C_v -max en ΔC_v relatief geringer worden. De volgende tabel waarin de gemiddelden en spreiding van deze waarden per configuratie en per rijbaan gegeven worden, illustreert dit. Over de met een * aangegeven waarden bestaat twijfel. Sterke fluctuaties in de meetsignalen belemmeren namelijk een nauwkeurige bepaling van hun waarde.

		zonder scherm	scherm van 2 m	scherm van 3 m
W	ΔC_v	0,46* [m]	0,26	0,15
E	(σ)	(0,14)	(0,04)	(0,03)
S	C_v max	0,81*	0,53	0,27
T	(σ)	(0,09)	(0,07)	(0,03)
O	ΔC_v	0,42*	0,33	*
O	(σ)	(0,15)	(0,09)	*
S	C_v max	0,85*	0,75	0,46
T	(σ)	(0,13)	(0,04)	(0,10)

Het voorgaande houdt derhalve in dat de schermen lagere windsnelheden creëren, met geringere en gelijkmatiger variaties daarin.

6.3. De invloed van de onderspleet

In de eerste onderzoekscyclus waren de configuraties: schuiven + 12,10 en + 13,10 m NAP met en zonder onderspleet opgenomen. Kortom, de situaties van vloed en eb bij deze schuifhoogten. Dit verschil bleek in het algemeen van weinig invloed te zijn voor de ΔC_v -waarden en de minimale en maximale C_v (Tabel 4) en de gemiddelde windhoek (Tabel 3). De dwarsverplaatsingen stemden voor beide situaties dan ook goed overeen, zij het dat bij een (tunnel)windhoek van 45° op de oostbaan een duidelijk verschil te constateren viel: 0,18 m versus 0,08 m (Tabel 2).

Teneinde invloeden van de onderspleet op de luchtstroming vooral wat verschillen in west- en oostbaan betreft in hun eventuele gevolgen voor afschermingsmaatregelen na te gaan, zijn in het geval van schuiven op + 7,10 m NAP voor een afdichting tussen de pijlers met een 3 m hoog dicht scherm en voor een half-open windscherm van 3 m hoogte langs de weg metingen verricht. In Tabel 9 is een overzicht gegeven van de resulterende dwarsverplaatsingen. Ter vergelijking zijn in de tabel tevens de uitkomsten opgenomen van overeenkomende metingen zonder onderspleet.

Zoals in par. 6.1 geconcludeerd is, komt een afdichting tussen de pijlers als maatregel tegen windhinder voor de Oosterscheldestormvloedkering niet in aanmerking gezien de slechte resultaten in de vloedsituatie. Daarbij werd een kanttekening geplaatst over eventueel mogelijke toepassingen in andere situaties. Opmerkelijk in verband met dit laatste is nu dat de resultaten in geval van een onderspleet een drastische verbetering te zien geven. Zo wordt de grootst voorkomende dwarsverplaatsing van 0,38 m eerst, nu 0,14 m en worden de dwarsverplaatsingen over het geheel genomen tot gemiddeld een derde van de waarden zonder spleet gereduceerd. Afgezet tegen de uitkomsten van de configuratie van schuiven op + 7,10 m NAP zonder andere maatregelen, is eveneens een duidelijke afname in de dwarsverplaatsingen waar te nemen, en wel gemiddeld met zo'n 50%. Deze bevindingen bevestigen derhalve de opmerking dat deze vorm van windbeïnvloeding in andersoortige situaties perfectieven kan bieden.

Wat het effect van een onderspleet betreft voor de werking van het 3 m hoge half-open windscherm, zijn vooral de uitkomsten voor de oostelijke rijbaan van belang. Er blijkt daar een verbetering op te treden. Bedroegen de uitwijkingen er gemiddeld eerst 0,09 m ($\sigma = 0,04$) met een extreme waarde van 0,17 m, dit wordt met onderspleet respectievelijk 0,07 m ($\sigma = 0,03$) en 0,12 m. De westbaan geeft een zo mogelijk nog gunstiger beeld te zien dan er al gold.

Beide experimenten leiden daarmee tot de bevinding dat in het geval van de + 7,10 m NAP hoge schuiven een onderspleet leidt tot een betere werking van de afschermingsmaatregelen.

7. VERANDEREN VAN RIJBAAN

Uit reeds beschikbare windgegevens waren γv^2 -waarden te creëren voor de "linker"-rijbaan: de rijbaan waarop bijvoorbeeld tijdens inhalen gereden wordt. Genoemde waarden representeren derhalve alléén de invloed van de wind op het voertuig: effecten van de luchtstroming rond het ingehaalde voertuig en van het aan lijkzijde afschermen van wind zijn er niet in verdisconteerd. Wanneer het ingehaalde voertuig een vrachtwagen of bus betreft hebben deze effecten een aanzienlijke invloed op het koersverloop van het inhalende voertuig (lit. 5).

Met de γv^2 -waarden zijn vervolgens voor een windsnelheid van 15 m/s in het geval van schuifhoogte op + 7,10 m NAP simulaties uitgevoerd. Dit zonder schermen en met de schermen van de verschillende uitvoeringsvormen en hoogten, met en zonder onderspleet. De resultaten van deze simulaties staan samengevat in de Bijlagen 5 en 6.

Uit Bijlage 5 blijkt dat zonder scherm het rijden op de "linker"-rijbaan in absolute zin niet tot erg grote dwarsverplaatsingen leidt, noch in de noord-zuid rijrichting noch in die van zuid naar noord rijdend. Dit geldt ook wanneer er half-doorlatende windschermen van 2 of 3 m hoogte geplaatst zouden zijn. Het dichte scherm tussen de pijlers leidt echter tot ongewenste dwarsverplaatsingen.

Betreft het voorgaande de situatie van het "permanent" links rijden, de resultaten in Bijlage 6 geven een indruk wat een rijbaanverandering voor gevolgen heeft. In de tabel worden namelijk de grootte en het teken van het verschil in dwarsverplaatsingen gegeven voor beide in een zelfde rijrichting bereden rijbanen. Maximaal blijken automobilisten bij veranderingen van rijbaan 0,14 m meer tot 0,16 m minder rijstrookbreedte te gaan gebruiken als er geen schermen geplaatst zijn. de half-open schermen van 2 m hoogte leiden tot nagenoeg een zelfde resultaat, de andere schermen tot minder gunstige.

Absolute dwarsverplaatsingen bij het rijden op de linkerbaan en veranderingen in dwarsverplaatsingen als gevolg van de wisseling van rijbaan te zamen beschouwend, zijn de alleen ten gevolge van de wind ontstane voertuiguitwijkingen aanvaardbaar te achten. Dit geldt in geval er geen windscherm geplaatst is en voor een 2 m hoge half-doorlatende windscherm. Wanneer rijden op de linker weghelft inhoudt dat vrachtwagens en bussen aan hun lijkzijde gepasseerd worden, is de door deze voertuigen veroor-

zaakte windhinder mede bepalend voor de dwarsverplaatsingen van het inhalende voertuig. In dat geval is overschrijding van de rijstrookbegrenzing al snel mogelijk. De resultaten uit het op de Moerdijkbrug verrichte onderzoek (lit. 5) geven hiervoor voldoende indicaties.

8. CONCLUSIES NA DE TWEDE ONDERZOEKCYCLUS

Uit de eerste onderzoekcyclus was reeds duidelijk dat er bij neergelaten schuiven voor het verkeer (bij rijsnelheden rond 100 km/uur) op de Oosterscheldestormvloedkering voor windsnelheden vanaf 15 m/s gevaarlijke situaties ontstaan in termen van overschrijding van de rijstrookbegrenzing. Voor de hoogste schuifhoogten, te weten die van + 12,10 m en + 13,10 m NAP bestaat dit gevaar tot windsnelheden van 20 m/s niet. Een cruciale vraag die bij deze bevindingen rees, is, zoals besproken in Hoofdstuk 3, welke mate van windhinder er bij de tussenliggende schuifhoogten: vanaf + 7,10 m NAP steeds met 1 meter oplopend tot beide hoogste waarden, bestaat.

Uit de tweede onderzoekcyclus volgt dat voor genoemde tussenliggende schuifhoogten de windhinder globaal van eenzelfde niveau is als voor de hoogste. Het ontstaan van gevaarlijke situaties is derhalve bij geheven schuiven tot windsnelheden van 20 m/s niet te verwachten (zie par. 2.3). Het voorgaande betekent dat maatregelen en/of voorzieningen tegen windhinder alleen in het geval van neergelaten schuiven nodig zijn.

Gezien de informatie over het in tijd beperkt voorkomen van neergelaten schuiven (en dan meestal bij harde wind), komen incidenteel te treffen maatregelen gekoppeld aan het neerlaten van de schuiven hiervoor het meest in aanmerking.

Te denken valt daarbij aan het tijdelijk instellen van een rijsnelheidslimiet. De hoogte ervan kan berekend worden met behulp van simulatiestudies van het bestuurder/voertuig-systeem. De hiervoor benodigde windgegevens zijn uit het reeds uitgevoerde onderzoek ter beschikking gekomen. Aanvullend op het instellen van een snelheidslimiet is het instellen van een inhaalverbod wenselijk.

Het bij wind van al beperkte sterkte neerlaten van één of enkele schuiven bij overigens geheven schuiven, zoals bij onderhoudswerkzaamheden het geval kan zijn, dient uit overwegingen van verkeersveiligheid stellig vermeden te worden (zie par. 2.4). Voorzover onderhoudsschema's hier niet voor aan te passen zijn, een onderwerp dat buiten de context van dit onderzoek valt, kan dit gegeven, gekoppeld met dat van de noodzaak bij neergelaten schuiven maatregelen te treffen, er toe leiden te kiezen voor een permanente voorziening tegen windhinder. In dat geval komt een half-

open windscherm het meest in aanmerking. Uit het onderzoek is gebleken dat een dergelijke scherm van 2 m hoogte een effectief middel vormt tegen windhinder. Omdat het onderhoudsaspect niet in de onderzoekopzet verdisconteerd is, dient dan evenwel een optimalisatie van de dimensies van zo'n scherm voor genoemde specifieke situatie nog plaats te vinden. Uitvoering hiervan kan analoog aan de in dit onderzoek gevolgde werkwijze geschieden.

9. SLOTBESCHOUWING

Het onderzoek zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken, was in eerste instantie gericht op de specifieke windhinderproblematiek op de stormvloedkering in de Oosterschelde. Behalve dat het nog in aanbouw zijn van de kering ten tijde van het onderzoek een bepaalde opzet voor het onderzoek al noodzakelijk maakte, is er nog een belangrijke overweging geweest tot het doen uitvoeren en de wijze waarop van het onderzoek. Deze betrof het beproeven van een meer algemeen toepasbare onderzoeksmethodiek. De methodiek bestaat uit het in een laboratoriumsituatie bepalen van windkarakteristieken en het verwerken daarvan tot de zogenaamde systeemprestaties van de bestuurder/voertuig-combinatie, die tenslotte vanuit een oogmerk van verkeersveiligheid beoordeeld worden. In een iteratief proces worden deze stappen doorlopen, waarna ter verificatie een beperkt aantal veldmetingen uitgevoerd worden, die eventueel tot bijstellingen leiden.

Met uitzondering van het verificatiedeel is in dit onderzoek de beschreven methodiek thans op hoofdzaken beproefd. Over de daarbij opgedane ervaringen het volgende.

Uit de windtunnelmetingen aan het schaalmodel is gebleken dat het windstromingsprofiel rond de kering buitengemeen ingewikkeld is. Zo werden vaak op korte afstanden van elkaar aanzienlijke verschillen in windsterkte en -richting vastgesteld. Behalve voor wel zeer eenvoudige vormgevingen, zal dit verschijnsel zich algemeen voordoen. De windkarakteristieken dienen in relatie hiermee voldoende nauwkeurig bekend te zijn, wil de windinvloed op het voertuig correct bepaald kunnen worden. Dit houdt in dat metingen in de werkelijkheid fijnmazig uitgevoerd moeten worden.

Wanneer er rekenschap van gegeven wordt dat natuurlijke wind met voor het onderzoek relevante eigenschappen slechts in een beperkt deel van de tijd voorkomt en dat het voorkomen niet of nauwelijks te voorspellen is, betekent dit een niet te onderschatten belemmering voor veldonderzoek. De ervaringen in het Moerdijkbrugonderzoek (lit. 4 en 5) bevestigen dit. Genoemd onderzoek kende overigens tevens het probleem dat metingen in een verkeerssituatie uitgevoerd dienden te worden, hetgeen extra complicaties veroorzaakt.

Het fenomeen van de ingewikkelde stromingsprofielen vormt anderzijds een beletsel voor het vanuit theoretische overwegingen op basis van alléén de

windsnelheidsgegevens doen van uitspraken over het koershouden van bestuurders met hun voertuigen. Gebleken is dat vanuit de windgegevens alleen slechts globale uitspraken over het windklimaat mogelijk zijn. Om de systeemprestaties te kennen is het verrichten van simulatiestudies dan ook onontbeerlijk. Een ander aspect van de simulaties is dat de condities waaronder zij uitgevoerd worden ondubbelzinnig vast liggen, hetgeen onder meer interpretatieproblemen rond de uitkomsten vermindert. In veldmetingen moeten daartoe veelal extra variabelen bepaald worden, zoals de zogenaamde nulpositie op de weg, de stuurstand bij het begin van een storing, enz., terwijl anderzijds variaties in gedrag tussen en zelfs binnen een bestuurder/proefpersoon de uitkomsten veelal moeilijk definiëerbaar beïnvloeden.

Met dit al is de genoemde onderzoeksmethodiek een efficiënte methode gebleken om snel, systematisch en reproduceerbaar over een ingewikkelde problematiek die gegevens te verschaffen, die uitspraken over de aard en ernst ervan en mogelijke oplossing daarvoor mogelijk te maken. Een eindoordeel over de betrouwbaarheid, c.q. nauwkeurigheid van de methodiek is evenwel eerst te geven na een verificatie van de bevindingen. Uit overwegingen van het kunnen beschikken over zo een algemeen toepasbare methodiek, die overigens ook voor andere onderzoeksonderwerpen dan windhinder te hanteren lijkt, ware het derhalve wenselijk een verificatie te laten plaatsvinden. In de onderzoeksopzet (lit. 1) is hierin overigens ook voorzien.

Een tweede overweging tot het onderzoek, die eveneens voor een deel buiten het specifiek gericht zijn op de stormvloedkering lag, betrof het opdoen van kennis over de mogelijkheden die een half-open windscherm biedt als voorziening tegen windhinder. Als zo'n voorziening effectief is, bestaat er immers een mogelijkheid gevaren veroorzaakt door wind tegen te gaan op een wijze die niet de verantwoordelijkheid legt bij de weggebruiker.

Uit het onderzoek is gebleken dat dergelijke windschermen die daarbij bovendien een beperkte hoogte hoeven te hebben, de windsnelheid en de veranderingen daarin zoals veroorzaakt door de vormgeving van een bouwwerk, aanzienlijk reduceren. Deze werking strekt zich over een ruim gebied (tenminste de breedte van een vluchtstrook en twee rijstroken in het onderhavige geval) achter het scherm uit. Het aldus ontstane gunstiger

windklimaat bleek te resulteren in duidelijk geringere koersafwijkingen. Het half-open windscherm is derhalve als een bruikbare voorziening tegen windhinder te beschouwen.

LITERATUUR

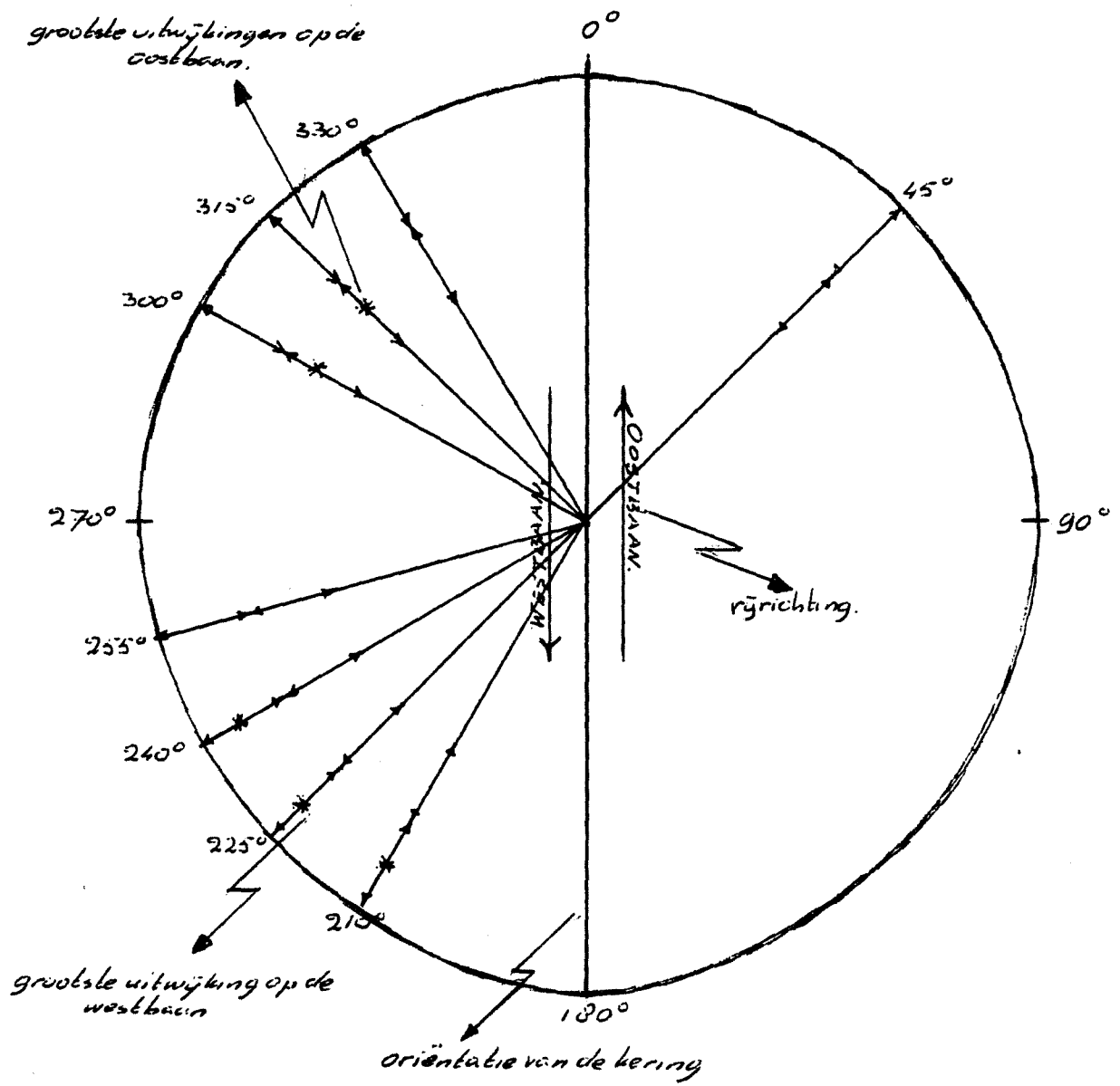
1. Wouters, drs. P.I.J. (1982). Windhinder voor het wegverkeer. Consult ten behoeve van de Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde. R-82-24. SWOV, 1982.
2. Ross, R. (1985). Windtunnelonderzoek naar de windhinder op de autoweg op de stormvloedkering in de Oosterschelde. NLR TR 85084L. Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium (1985).
3. Elink Schuurman, R. (1985). Berekening van te verwachten windhinder voor het wegverkeer op de Stormvloedkering Oosterschelde. Rapportnummer 700430145. Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Delft, 1985.
4. Elink Schuurman, R. (1984). De metingen ten behoeve van de evaluatie van het windwaarschuwingssysteem Moerdijkbrug. Rapport nummer 700460409. Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Delft, 1984.
5. Wouters, drs. P.I.J. (1984). De evaluatie van het windwaarschuwingssysteem Moerdijkbrug; Conclusies en aanbevelingen. R-84-31. SWOV, 1984.
6. Wouters, drs. P.I.J. & Mooyman, ir. G.L. (1980). Wind - een gevaar op de weg. R-80-8. SWOV, 1980.
Artikel Verkeerskunde 31 (1980) 3: 104 t/m 108.
7. Wieringa, J. & Rijkoort, P.I. (1983). Windklimaat van Nederland. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1983.

AFBEELDINGEN 1 T/M 3

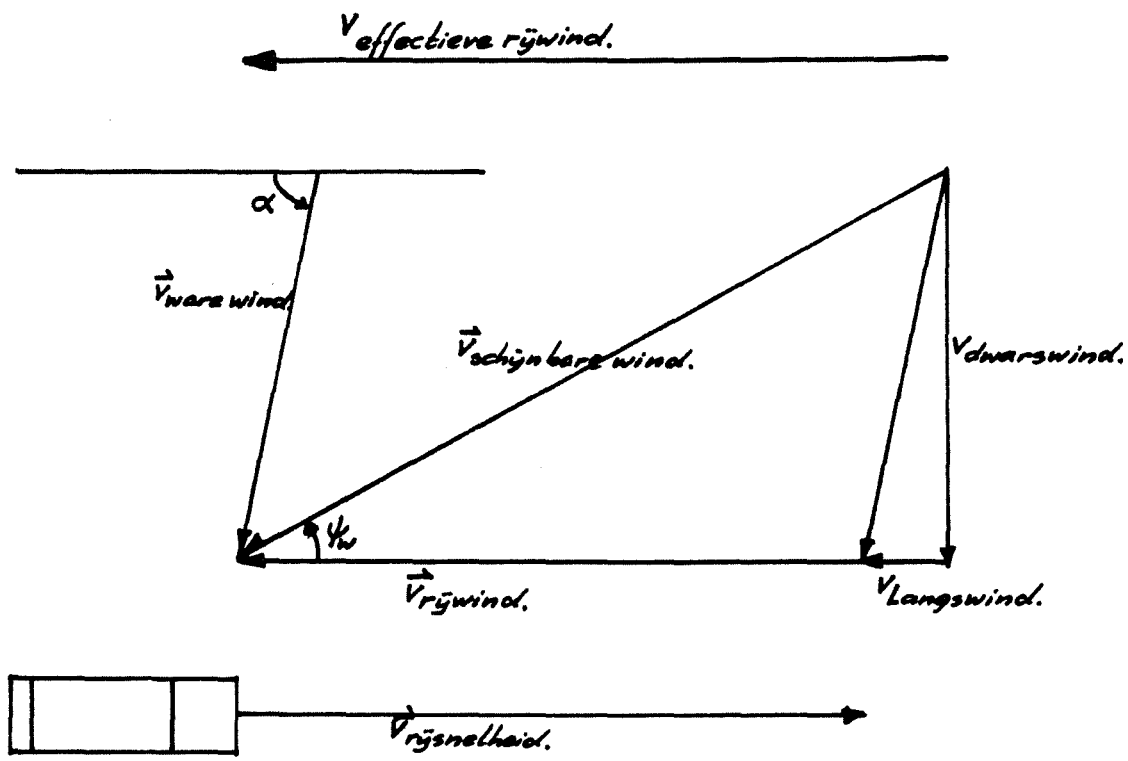
Afbeelding 1. (Tunnel)windrichtingen ten opzichte van de oriëntatie van de kering.

Afbeelding 2. Vectoriële samenstelling van de dwarswind.

Afbeelding 3. Schuifhoogten voor de drie stroomgeulen Hammen, Schaar en Roompot in opgetrokken stand.



Afbeelding 1. (Tunnel)windrichtingen ten opzichte van de oriëntatie van de kering.



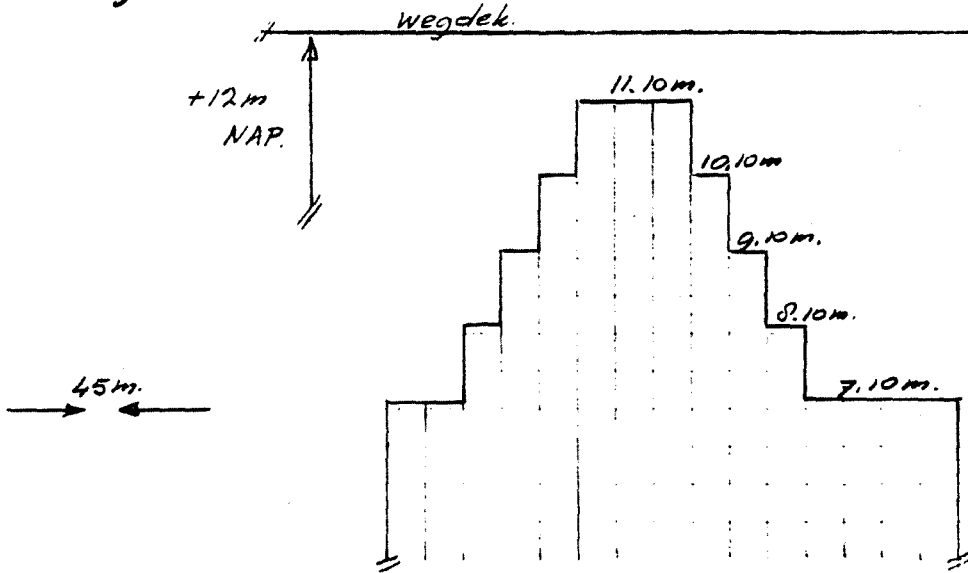
Afbeelding 2. Vectori\u00eble samenstelling van de dwarswind.

HAMMEN.

15 schuiven met hoogten:

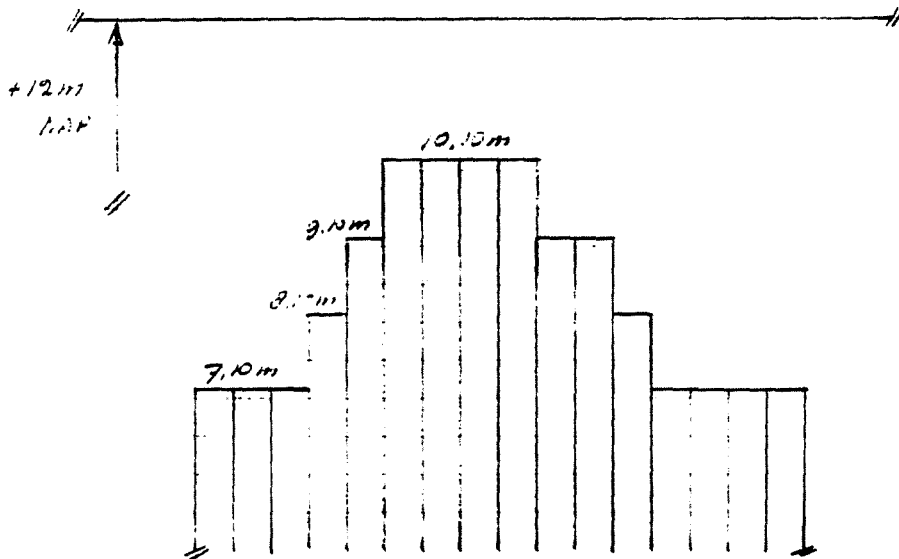
zuidelyk

noordelyk
Landhoofd.



SCHAAR.

16 schuiven met hoogten:



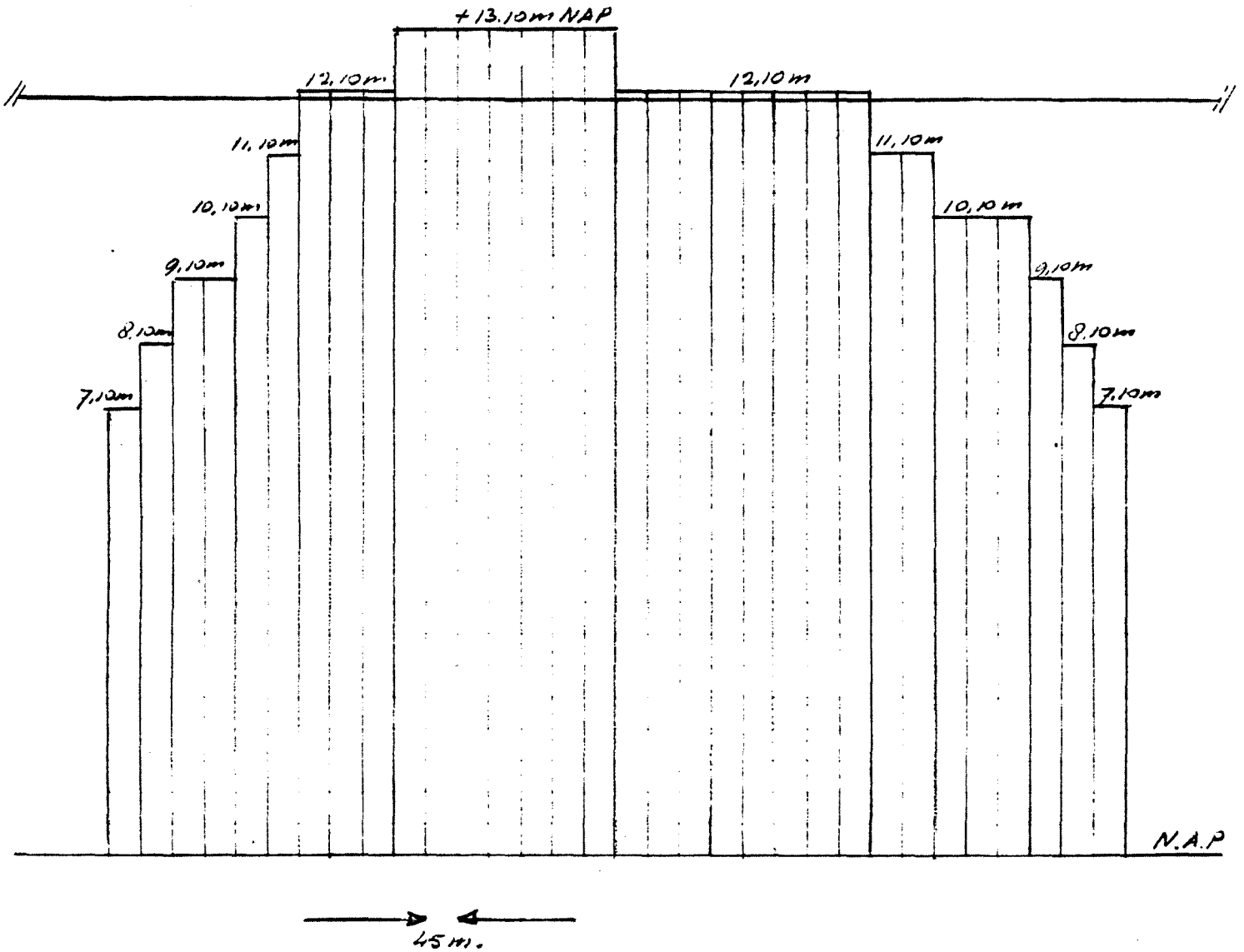
Afbeelding 3. Schuifhoogten voor de drie stroomgeulen Hammen, Schaar en Roompot in opgetrokken stand.

ROOMPOT

32 schuiven met hoogten:

zuidelyk

noordelyk
landhoofd.



Afbeelding 3 (vervolg)

TABELLEN 1 T/M 9

Tabel 1. De selectie van de meetcondities voor de simulaties.

Tabel 2. Maximale dwarsverplaatsingen in de baan van het voertuig.

Tabel 3. Schatting van de gemiddelde windhoek (* twijfelachtige waarden).

Tabel 4. C_v -waarden, minimale en maximale C_v , dan wel gemiddelde.
(* twijfelachtige waarden).

Tabel 5. Maximale dwarsverplaatsingen in de baan van het voertuig voor verschillende schuifhoogten.

Tabel 6. ΔC_v -waarden, minimale en maximale C_v , dan wel gemiddelden voor verschillende schuifhoogten en de westelijke rijbaan (* twijfelachtige waarden).

Tabel 7. Maximale dwarsverplaatsingen in de baan van het voertuig met en zonder vormen van windafscherming bij een schuifhoogte van + 7,10 m NAP.

Tabel 8. ΔC_v -waarden en maximale C_v -waarden met en zonder vormen van windafscherming bij een schuifhoogte van + 7,10 m NAP (* twijfelachtige waarden).

Tabel 9. Maximale dwarsverplaatsingen in de baan van het voertuig bij vormen van windafscherming voor de situaties van met of zonder onderspleet.

BAAN.	(TUNNEL-) WINDRICHTING.	SCHUIVEN NEERGELATEN.	SCHUIVEN OP 13,10M NAF.	SCHUIVEN OP 12.10/13,10 m NAF.	SCHUIVEN IDEM. PLUS SPLEET.
WESTELIJKE	240°	+	+	+	-
	225°	+	+	-	-
	210°	+	+	+	+
	45°	+	+	+	+
	330°	+	+	-	-
	315°	+	+	-	-
	300°	+	+	-	-
	255°	+	+	-	+
OOSTELIJKE	240°	+	+	+	-
	225°	+	+	-	-
	210°	+	+	+	+
	45°	+	+	+	+
	330°	+	+	-	-
	315°	+	+	-	-
	300°	+	+	-	-
	255°	+	+	-	-

Tabel 1. De selectie van de meetcondities voor de simulaties.

BAAN.	(Tunnel-) WINDHOEK.	SCHUIVEN NEERGELATEN.	SCHUIVEN OP +13,10m NAP.	SCHUIVEN OP +12,10/13,10m NAP	SCHUIVEN IDEEM PLUS S'PLEET.
WESTELIJKE	240°	0,44 [m]	0,16	0,16	—
	225°	0,44	«	—	—
	210°	0,30	0,11	0,20	0,23
	45°	«	«	«	«
	330°	0,12	«	—	—
	315°	0,16	0,12	—	—
	300°	0,21	«	—	—
	255°	0,13	0,16	—	0,18
OOSTELIJKE	240°	0,26	0,25	0,22	—
	225°	0,18	0,12	—	—
	210°	0,08	0,11	0,18	0,18
	45°	0,18	0,08	0,18	0,08
	330°	0,20	«	—	—
	315°	0,36	«	—	—
	300°	0,39	0,16	—	—
	255°	0,19	0,26	—	—

Tabel 2. Maximale dwarsverplaatsinger in de baan van het voertuig.

BAAN.	(Tunnel-) WINDHOEK.	SCHUIVEN NEERGELATEN.	SCHUIVEN OP +13,10M NAP.	SCHUIVEN OP +12,10/13,10M NAP	SCHUIVEN IDEM PLUS SPLEET.
WESTELIJKE	240°	234°	* 279°	* 288°	—
	225°	217°	202°	—	—
	210°	200°	202°	205°	205°
	45°	353°	353°	353°	353°
	330°	338°	* 0°	—	—
	315°	324°	* 295°	—	—
	300°	310°	* 0°	—	—
	255°	252°	* 324°	—	311°
OOSTELIJKE	240°	244°	* 342°	331°	—
	225°	223°	* 302°	—	—
	210°	215°	* 202°	202°	202°
	45°	0°	353°	353°	353°
	330°	333°	357°	—	—
	315°	323°	7°	—	—
	300°	310°	32°	—	—
	255°	252°	0°	—	355°

Tabel 3. Schatting van de gemiddelde windhoek (* twijfelachtige waarden).

BAAN.	(Tunnel-) WINDHOEK.	SCHUIVEN NEERGELATEN.		SCHUIVEN OP +13,10m NAP.		SCHUIVEN OP +12,10/13,10m NAP		SCHUIVEN IDEEM PLUS S'PLEET.	
		Δ	max min	Δ	max min	Δ	max min	Δ	max min
WESTELIJKE	240°	0,80	1,07 - 0,27	0,26	0,44 - 0,18	0,24	0,40 - 0,16	*	0,20
	225°	0,82*	1,12 - 0,31	*	0,35	*	0,40	0,39*	0,57 - 0,18
	210°	0,34*	0,80 - 0,36	0,27*	0,61 - 0,34	0,34	0,66 - 0,32	0,39	0,68 - 0,29
	45°	0,25	1,07 - 0,80	*	0,85	0,24	1,00 - 0,76	0,29*	1,04 - 0,75
	330°	0,60	0,98 - 0,38	0,14*	0,42 - 0,28	0,20*	0,42 - 0,20	0,26*	0,46 - 0,20
	315°	0,53	0,85 - 0,32	*	0,30	*	0,30	*	0,30
	300°	0,54*	0,84 - 0,30	*	0,30	*	0,30	*	0,25
	255°	0,40*	0,78 - 0,38	*	0,20	*	0,30	0,36	0,56 - 0,20
OOSTELIJKE	240°	0,86	1,24 - 0,38	0,16	0,44 - 0,28	0,13	0,46 - 0,33	*	0,35
	225°	0,82	1,24 - 0,42	0,28	0,50 - 0,22	0,30	0,55 - 0,25	0,36	0,58 - 0,22
	210°	0,27	0,89 - 0,62	0,39	0,80 - 0,41	0,35	0,75 - 0,40	0,32	0,76 - 0,44
	45°	*	0,80	*	0,70	*	0,85	*	0,80
	330°	0,45	0,97 - 0,52	0,21*	0,58 - 0,37	0,18*	0,58 - 0,40	0,20*	0,58 - 0,38
	315°	0,59*	1,04 - 0,45	0,08*	0,36 - 0,28	*	0,40	0,24	0,46 - 0,22
	300°	0,70	1,00 - 0,30	0,09*	0,42 - 0,33	*	0,40	*	0,35
	255°	0,49	0,90 - 0,41	*	0,40	*	0,40	0,31	0,54 - 0,23

Tabel 4. ΔC_v -waarden, minimale en maximale C_v , dan wel gemiddelde. (* twijfelachtige waarden).

BAAN.	(Tunnel-) WINDHOEK.	SCHUIVEN NEERGELATEN.	SCHUIVEN OP +7,10m NAP.	SCHUIVEN OP +10,10m NAP	SCHUIVEN OP +13,10m NAP.
WESTELIJKE	210°	0,30 [m]	0,14	0,25	0,10
	225°	0,44	0,12	0,20	0,04
	240°	0,44	0,28	0,18	0,15
	255°	0,17	0,25	0,08	0,15
	285°	—	0,11	0,15	—
	300°	0,18	0,15	0,10	0,04
	315°	0,19	«	0,14	0,10
	330°	0,13	0,05	0,12	0,04
OOSTELIJKE	210°	0,06	0,04	0,08	0,11
	225°	0,17	0,08	0,13	0,10
	240°	0,25	0,09	0,07	0,24
	255°	0,17	0,07	0,07	0,25
	285°	—	«	0,09	—
	300°	0,37	0,16	0,10	0,15
	315°	0,35	0,18	0,22	0,04
	330°	0,20	0,10	0,09	0,05.

Tabel 5. Maximale dwarsverplaatsingen in de baan van het voertuig voor verschillende schuifhoogten.

BAAN.	(Tunnel-) WINDHOEK	SCHUIVEN NEERGE LATEN.	SCHUIVEN OP + 7,10M NAP.	SCHUIVEN OP + 10,10M NAP	SCHUIVEN OP + 13,10M NAP
		ΔC_v max min	ΔC_v max min	ΔC_v max min	ΔC_v max min.
WESTELYKE	210°	0,34* 0,80 - 0,36	0,44* 0,87 - 0,63	0,50 0,80 - 0,30	0,27* 0,61 - 0,34
	225°	0,82* 1,12 - 0,31	0,71 0,96 - 0,25	0,48 0,72 - 0,26	* 0,35
	240°	0,80 1,07 - 0,27	0,38* 0,73 - 0,38	0,27 0,56 - 0,29	0,26 0,44 - 0,18
	255°	0,40* 0,78 - 0,38	0,29 0,76 - 0,46	0,27 0,57 - 0,30	* 0,20
	285°	—	*	*	—
	300°	0,54* 0,84 - 0,30	*	*	* 0,30
	315°	0,53 0,85 - 0,32	0,46* 0,76 - 0,30	0,32 0,58 - 0,26	0,14* 0,30
	330°	0,60 0,98 - 0,38	0,46 0,80 - 0,34	0,42 0,61 - 0,27	* 0,42 - 0,28

Tabel 6. ΔC_v -waarden, minimale en maximale C_v , dan wel gemiddelden voor verschillende schuifhoogten en de westelijke rijbaan (* twijfelachtige waarden).

BAAN.	(Tunnel-) WINDHOEK.	SCHUIVEN OP +7,10 m NAP.	SCHUIVENIDEM. AFDICHTING	SCHUIVENIDEM SCHERM 2 m.	SCHUIVENIDEM SCHERM 3 m.
WESTELIJKE	210°	0,14[m]	0,15	«	«
	225°	0,12	0,09	0,08	0,05
	240°	0,28	0,15	0,09	0,03
	255°	0,25	0,37	0,15	0,05
	285°	0,11	0,27	0,15	0,04
	300°	0,15	0,10	0,09	0,03
	315°	«	0,05	0,04	«
	330°	0,05	«	0,02	«
OOSTELIJKE	210°	0,04	0,04	0,04	0,08
	225°	0,08	0,03	0,07	0,08
	240°	0,09	0,20	0,07	0,04
	255°	0,07	0,38	0,08	0,17
	285°	«	0,30	0,11	0,11
	300°	0,16	0,16	0,07	0,10
	315°	0,18	0,14	0,12	0,07
	330°	0,10	0,08	0,11	0,09

Tabel 7. Maximale dwarsverplaatsingen in de baan van het voertuig met en zonder vormen van windafscherming bij een schuifhoogte van + 7,10 m NAP.

BAAN.	(Tunnel-) WINDHOEK.	SCHUIVEN OP +7,10 m NAP.		SCHUIVEN IDEM. AFDICHTING		SCHUIVEN IDEM SCHERM 2 m.		SCHUIVEN IDEM SCHERM 3 m.	
		ΔC_v	C_v -max	ΔC_v	C_v -max	ΔC_v	C_v -max	ΔC_v	C_v -max
WESTELIJKE	210°	0,44*		0,39		*		0,20	
			0,87		0,83		0,44		0,20
	225°	0,71		0,53		0,24		0,20	
			0,96		0,83		0,63		0,33
	240°	0,38*		0,32		0,24		0,15	
			0,73		0,70		0,50*		0,30
	255°	0,29		0,34		0,23		0,12	
			0,76		0,78		0,58		0,27
285°	*		0,40		0,23		0,15		
				0,76		0,59		0,27	
300°	*		0,48		0,32		0,14		
				0,83		0,60		0,28	
315°	0,46*		0,40		0,32		0,12		
		0,76		0,70		0,59		0,22	
330°	0,46		0,30		0,24		0,14		
		0,80		0,66		0,52		0,24	
OOSTELIJKE	210°	*		0,28		0,22		0,34*	
				0,84		0,77		0,63	
	225°	0,64		0,50		0,43		*	
			1,08		0,88		0,82		0,50
	240°	0,32		0,38		0,36		*	
			0,81		0,77		0,71		0,45*
	255°	0,24		0,20		0,26		*	
			0,80		0,67		0,72		0,60*
285°	*		0,20		0,24		*		
				0,67		0,70		0,35*	
300°	*		*		0,36		*		
				0,78		0,76		0,60*	
315°	0,45*		0,46		0,43		*		
		0,76*		0,80		0,79		0,60*	
330°	0,46		*		0,29		*		
		0,80		0,76		0,74		0,58*	

Tabel 8. ΔC_v -waarden en maximale C_v -waarden met en zonder vormen van windafscherming bij een schuifhoogte van + 7,10 m NAP (* twijfelachtige waarden).

SCHUIVEN OP + 7.10m NAP EN:					
BAAN:	(Tunnel-) WINDHOEK.	AFDICHTING	AFDICHTING en onderspleet.	SCHERM 3m.	SCHERM 3m en onderspleet.
WESTELIJKE	210°	0,15 [m]	0,04	«	«
	225°	0,09	«	0,05	0,04
	240°	0,15	«	0,03	0,04
	255°	0,37	0,06	0,05	0,02
	285°	0,27	0,06	0,04	0,02
	300°	0,10	0,04	0,03	0,03
	315°	0,05	0,02	«	«
	330°	«	«	«	«
OOSTELIJKE	210°	0,04	0,06	0,08	0,06
	225°	0,03	0,05	0,08	0,05
	240°	0,20	0,08	0,04	0,04
	255°	0,38	0,12	0,17	0,09
	285°	0,30	0,14	0,11	0,12
	300°	0,16	0,07	0,10	0,10
	315°	0,14	0,05	0,07	0,06
	330°	0,08	0,02	0,09	0,06

Tabel 9. Maximale dwarsverplaatsingen in de baan van het voertuig bij vormen van windafscherming voor de situaties van met of zonder onderspleet.

BIJLAGEN 1 T/M 6

Bijlage 1. Inrichting van het onderzoek (Bron: Wouters, lit. 1).

Bijlage 2. Schets van de laagste, de middelste en de hoogste schuifhoogten (Bron: Ross, lit. 2).

Bijlage 3. Distributieve frequentieverdeling van uurgemiddelde potentiële windsnelheid (per 100.000 waarnemingen) (Bron: KNMI, lit. 7).

Bijlage 4. Hoogte bovenkant schuiven gaande van Noord naar Zuid (Bron: Deltadienst RWS).

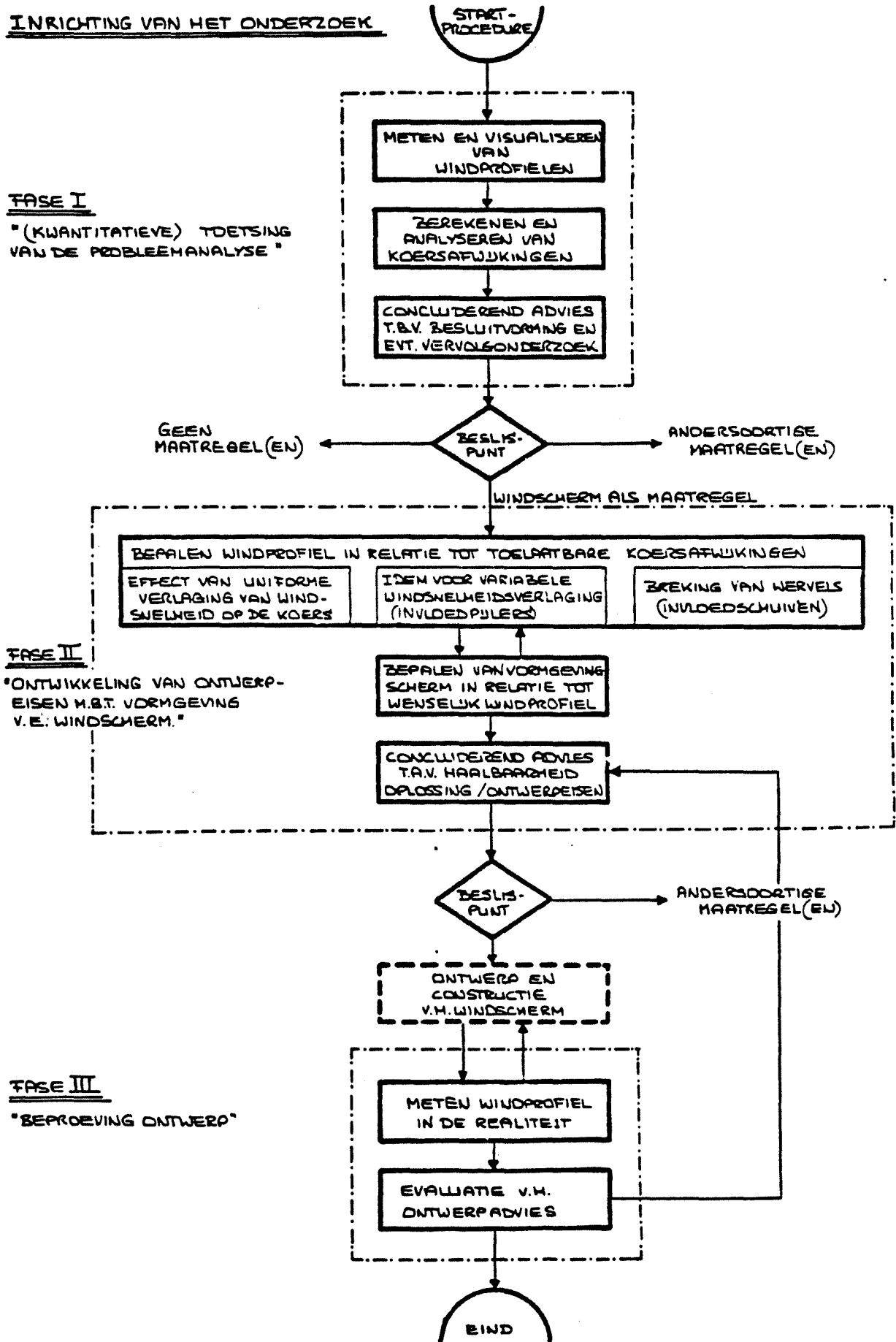
Bijlage 5. Invloed van schermen bij een schuifhoogte van + 7,00 m NAP rijdend op de linker baan. (Totaal benodigde rijstrookbreedte in cm bij windsnelheid 15 m/s) (Bron: Elink Schuurman, lit. 3).

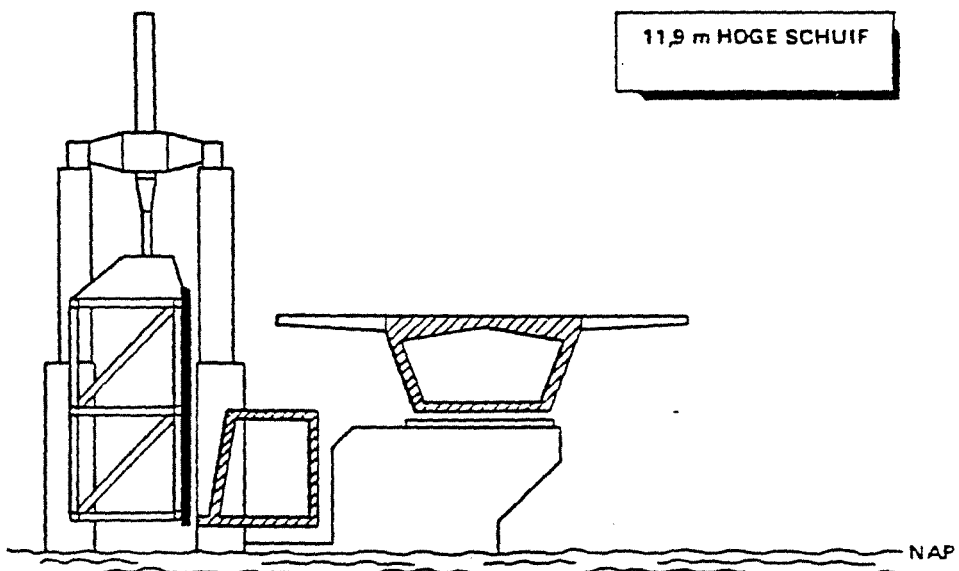
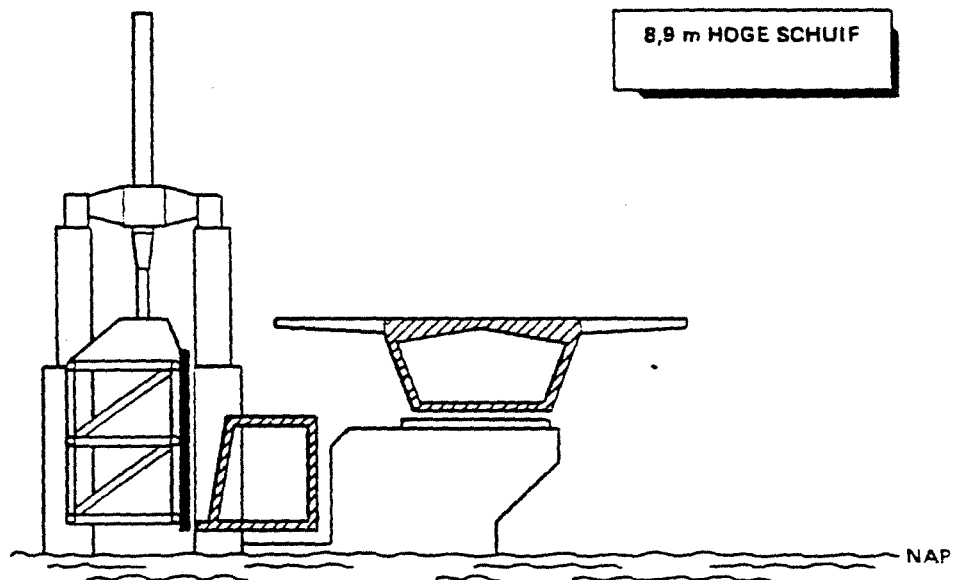
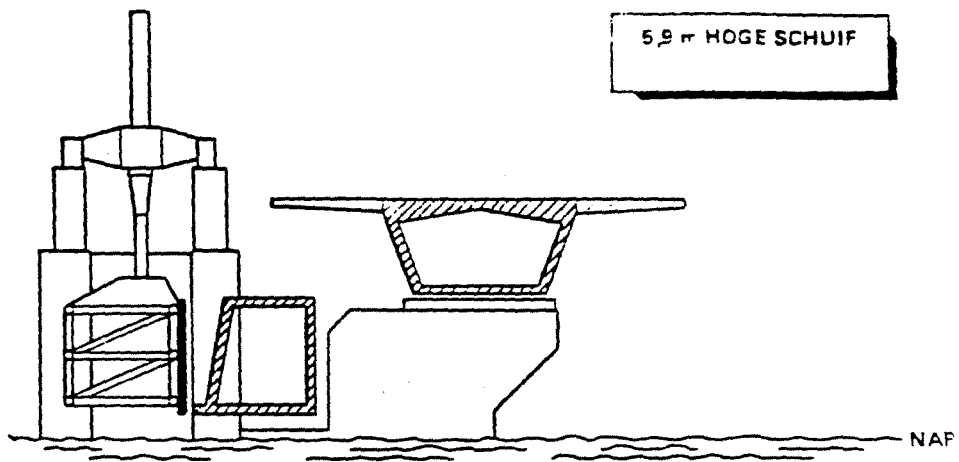
Bijlage 6. Effect van het verwisselen van rijstrook op de totaal benodigde rijstrookbreedte (Verschillen in totaal benodigde rijstrookbreedte in cm bij windsnelheid 15 m/s) (Bron: Elink Schuurman, lit. 3).

+ teken betekent op linkerbaan grotere benodigde rijstrookbreedte dan rechts;

- teken betekent op linkerbaan kleinere benodigde rijstrookbreedte dan rechts.

INRICHTING VAN HET ONDERZOEK





Bijlage 2. Schets van de laagste, de middelste en de hoogste schuif-
hoogten (Bron: Ross, lit. 2).

DISTRIBUTIEVE FREKVENTIEVERDELING VAN UURGEMIDDELDE POTENTIELE WINDSNELHEID (PER 100 000 WAARNEMINGEN)															
TEXEL -L.S.- (220)		1966 T/M 1976					GEHELE JAAR						OPEN WATER		
KLASSEN (M/S)		NOORD			OOST		ZUID		WEST		STIL OF VARIABEL		TOTAAL		
		250	260	270	060	090	120	150	180	210	240	270	300		
0.0 T/M	0.9	70	58	65	70	49	58	43	55	47	43	51	74	2300	2870
1.0 T/M	1.9	140	129	171	127	158	144	127	150	149	129	126	127	423	2105
2.0 T/M	2.9	260	307	423	303	406	382	317	444	413	369	350	294	61	4357
3.0 T/M	3.9	451	480	774	597	740	668	565	711	728	696	655	526	10	7642
4.0 T/M	4.9	499	509	710	600	797	585	552	674	864	688	710	575		7719
5.0 T/M	5.9	865	887	1351	1192	1396	1021	911	1075	1409	1436	1271	908		13784
6.0 T/M	6.9	855	867	1321	1055	1286	842	769	936	1450	1612	1194	998		13206
7.0 T/M	7.9	958	828	1115	874	1129	752	626	930	1299	1419	1254	957		12141
8.0 T/M	8.9	860	735	808	657	800	521	442	760	1137	1322	1146	863		10112
9.0 T/M	9.9	663	495	456	423	497	359	326	578	818	916	944	671		7147
10.0 T/M	10.9	443	312	177	216	315	185	126	355	530	656	645	499		4455
11.0 T/M	11.9	477	242	106	202	285	124	95	297	550	665	652	504		4200
12.0 T/M	12.9	316	157	60	122	166	85	56	200	419	535	479	351		2950
13.0 T/M	13.9	325	102	57	76	116	67	36	205	394	407	418	305		2509
14.0 T/M	14.9	164	86	31	35	67	26	29	99	224	261	229	150		1424
15.0 T/M	15.9	108	64	22	11	87	17	33	86	184	156	170	144		1093
16.0 T/M	16.9	101	39	15	11	53	15	10	40	121	127	151	131		614
17.0 T/M	17.9	56	15	5.2	13	37		1.0	37	68	117	133	153		658
18.0 T/M	18.9	48	5.2	5.2	16	6.3		1.0	26	35	44	67	111		386
19.0 T/M	19.9	19	7.3	1.0	5.2				9.3	20	18	36	61		176
20.0 T/M	20.9	7.3	4.1					3.1	22		13	11	31		92
21.0 T/M	21.9	5.2	1.0						12		20	15	25		76
22.0 T/M	22.9	8.3	1.0							1.0	4.1	9.3	11		35
23.0 T/M	23.9	6.2									1.0	5.2	4.1		17
24.0 T/M	24.9	6.2					1.0					2.1	5.2		15
25.0 T/M	25.9	5.2										1.0	7.3		13
26.0 T/M	26.9														
27.0 T/M	27.9														
28.0	EN MEER														
TOTALEN		7718	6250	7600	6573	8453	5915	5067	7698	10915	11653	10757	8425	2795	100000

Bijlage 3. Distributieve frequentieverdeling van uurgemiddelde potentiële windsnelheid (per 100.000 waarnemingen) (Bron: KNMI, lit. 7).

Hoogte bovenkant schuiven gaande van Noord naar Zuid

Stroomgeul Hammen 4 stuks schuiven met bovenkant op 7.10 + NAP

1	8.10
1	9.10
1	10.10
3	11.10
1	10.10
1	9.10
1	8.10
2	7.10

Stroomgeul Schaar 4 stuks schuiven met bovenkant op 7.10 + NAP

1	8.10
2	9.10
4	10.10
1	9.10
1	8.10
3	7.10

Geul Roompot 1 stuks schuiven met bovenkant op 7.10 + NAP

1	8.10
1	9.10
3	10.10
2	11.10
8	12.10
7	13.10
3	12.10
1	11.10
1	10.10
2	9.10
1	8.10
1	7.10

Bijlage 4. Hoogte bovenkant schuiven gaande van Noord naar Zuid (Bron: Deltadienst RWS).

oostbaan rijdend van noord naar zuid

plaats scherm	hoogte scherm	configuratie	windrichting	laag water			
				pijler	weg	pijler	weg
				3m	2m	3m	3m
		51		56	58	59	96 99
210	4			10	8	12	24 13
225	5			10	12	11	14 13
240	20			25	8	6	13 9
255	23			41	12	28	26 20
285	15			27	15	15	26 21
300	9			9	3	13	11 13
315	14			9	6	6	6 7
330	9			3	-	8	- 6

westbaan rijdend van zuid naar noord

plaats scherm	hoogte scherm	configuratie	windrichting	laag water			
				pijler	weg	pijler	weg
				3m	2m	3m	3m
		51		56	58	59	96 99
210	11			7	-	4	5 -
225	21			3	6	5	- 5
240	19			18	5	4	3 5
255	7			34	22	5	9 4
285	12			39	16	3	12 7
300	-			20	17	4	11 3
315	8			7	4	-	4 -
330	3			-	5	-	- -

Bijlage 5. Invloed van schermen bij een schuifhoogte van + 7,00 m NAP rijdend op de linker baan. (Totaal benodigde rijstrookbreedte in cm bij windsnelheid 15 m/s) (Bron: Elink Schuurman, lit. 3).

rijrichting van noord naar zuid

plaats scherm hoogte scherm configuratie	51	rijrichting van noord naar zuid		laag water		
		pijler 3m	weg 2m	weg 3m	pijler 3m	weg 3m
windrichting						
210	-10	- 5	+ 8	+ 9	+19	+13
225	+ 5	+ 1	+ 4	+ 6	+14	+ 7
240	- 8	+10	- 1	+ 2	+10	+ 3
255	- 2	+ 4	- 3	+21	+19	+17
285	+ 3	0	0	+12	+16	+18
300	- 6	- 1	- 6	+10	+ 4	+ 7
315	+ 8	+ 4	+ 2	+ 3	+ 3	+ 7
330	+ 3	+ 3	- 2	+ 5	0	+ 6
gemiddeld abs.	5.6	3.5	3.3	8.5	10.6	9.8

rijrichting van zuid naar noord

plaats scherm hoogte scherm configuratie	51	rijrichting van zuid naar noord		laag water		
		pijler 3m	weg 2m	weg 3m	pijler 3m	weg 3m
windrichting						
210	+ 7	+ 3	- 4	- 4	- 6	-10
225	+14	0	+ 1	- 4	- 9	- 7
240	+11	- 2	+ 2	- 2	-10	0
255	+ 1	- 4	+14	-16	-12	-16
285	+12	+ 9	+ 5	-17	-16	-14
300	-16	+ 4	+10	-13	0	-15
315	-10	- 7	- 8	- 7	- 4	- 8
330	- 7	- 8	- 6	-11	- 4	- 8
gemiddeld abs.	9.8	4.6	6.3	9.3	7.6	9.8

Bijlage 6. Effect van het verwisselen van rijstrook op de totaal benodigde rijstrookbreedte (Verschillen in totaal benodigde rijstrookbreedte in cm bij windsnelheid 15 m/s) (Bron: Elink Schuurman, lit. 3).

+ teken betekent op linkerbaan grotere benodigde rijstrookbreedte dan rechts;

- teken betekent op linkerbaan kleinere benodigde rijstrookbreedte dan rechts.