

Grondbank GMG

Effecten grondwal op luchtkwaliteit en geluid

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Effecten grondwal op luchtkwaliteit en geluid

referentie AH504-1/kolm/007	projectcode AH504-1	status definitief
projectleider ir. A.C.J. Donkersloot	projectdirecteur ir. A.M. Schakel	datum 22 juni 2009

autorisatie goedgekeurd	naam ir. A.C.J. Donkersloot	paraaf 
-----------------------------------	---------------------------------------	--

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2000

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
2. ONDERZOEKSOPZET	2
2.1. Luchtkwaliteit	2
2.2. Geluid	2
3. BELANGRIJKSTE RESULTATEN	3
3.1. Luchtkwaliteit	3
3.2. Geluid	4
4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	6
 laatste bladzijde	 6
 bijlagen	 aantal bladzijden
I Deelrapport I effecten grondwal op de luchtkwaliteit	25
II Deelrapport II effecten grondwal op de geluidsbelasting	28

1. INLEIDING

Grondbank GMG heeft Witteveen+Bos gevraagd om te onderzoeken in welke mate de lokale luchtkwaliteit en de lokale geluidbelasting verbetert door de aanleg van een grond-/geluidswal direct naast de snelweg. De invloed van een grondwal op beide milieuaspecten is onderzocht door middel van 3D modelberekeningen.

De invloed van een grondwal op de luchtkwaliteit is onderzocht door middel van CFD-berekeningen (Computational Fluid Dynamics, Fluent versie 6.3)¹. Het deelrapport is opgenomen in bijlage I. De invloed van een grondwal op de geluidbelasting is onderzocht door middel van berekeningen met Geonose V5.4². Het deelrapport is opgenomen in bijlage II.

In onderhavig notitie zijn de belangrijkste resultaten van beide onderzoeken samengevoegd.

¹ FlowMotion, CFD berekening omstroming dijk, rapport FM 2008-010-1.

² Witteveen+Bos, Akoestisch effect grondwallen definitief d.d. 14 juli 2008.

2. ONDERZOEKSOPZET

Hoewel afscherpende constructies de overdracht beïnvloeden van zowel luchtverontreiniging als geluidsgolven, is de manier waarop deze invloed plaatsvindt verschillend. De dispersie van luchtverontreiniging is met name afhankelijk van de wind (-richting en -snelheid), en de mate waarin de wind door de grondwal wordt beïnvloed. Geluidoverdracht is vooral afhankelijk van geometrische factoren van de grondwal, aangezien die bepalend zijn voor de mate van reflectie, diffractie en transmissie van de geluidsgolven.

2.1. Luchtkwaliteit

De luchtkwaliteitsberekeningen zijn uitgevoerd met het computerprogramma Fluent (versie 6.3). De geometrie van de grondwal is aangeleverd door de Grondbank en vereenvoudigd in het model. De hoogte van de wal is het meest bepalend voor de schaal waarop de effecten optreden. De hoogte bedraagt 15 meter. De grondwal is gemodelleerd als een curve-vorming dijklichaam in de oksel van het klaverblad. Hierdoor is bij de berekeningen bij één windrichting een heel scala aan effecten waar te nemen. De curve zorgt immers voor een veranderende hoek tussen de grondwal en de windrichting. De CFD-berekeningen zijn uitgevoerd bij verschillende heersende windrichtingen³, namelijk:

- westenwind;
- westzuidwestenwind;
- zuidwestenwind;
- zuidzuidwestenwind;
- zuidenwind.

In de CFD-berekeningen is de verspreiding van de verkeersemissies gemodelleerd met een tracerstof met deeltjeseigenschappen vergelijkbaar met PM10. Door de vergelijking met een referentie situatie (zonder grondwal) is het effect op de verkeersbijdrage inzichtelijk gemaakt.

2.2. Geluid

De effecten van een grondwal op de geluidbelasting achter de wal zijn bepaald voor de verschillende snelwegprofielen die door Rijkswaterstaat worden gehanteerd voor nieuwe wegontwerpen. Deze standaard wegprofielen zijn gedefinieerd met specifieke representatieve uitgangspunten met betrekking tot de weggeometrie en de verkeerskenmerken. Voor ieder standaard wegprofiel is het effect bepaald van een grondwal van verschillende hoogte⁴. Een overzicht van de onderzochte varianten is weergegeven in tabel 2.1. Voor een gedetailleerde beschrijving van de uitgangspunten wordt verwezen naar het geluidrapport in bijlage II.

tabel 2.1. Onderzochte varianten in het geluidonderzoek

snelwegprofiel	totale etmaalintensiteit [mvt/etm]	onderzochte hoogtes grondwal
standaard 2x2 autosnelweg	50.000	0 (geen), 6, 8, 10 en 15 meter
standaard 2x3 autosnelweg	100.000	0 (geen), 6, 8, 10 en 15 meter
2x3 autosnelweg met doelstrook voor vrachtwagens/bussen	100.000	0 (geen), 6, 8, 10 en 15 meter
standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbanen (4x2 rijstroken)	100.000	0 (geen), 6, 8, 10 en 15 meter
standaard 2x4 autosnelweg	150.000	0 (geen), 6, 8, 10 en 15 meter

³ CFD-berekeningen kunnen niet worden uitgevoerd met een variërend windveld, dus worden separate berekeningen uitgevoerd voor verschillende windrichtingen.

⁴ De geluidberekeningen zijn later uitgevoerd dan de luchtberekeningen en zijn voor meer grondwalconfiguraties uitgevoerd.

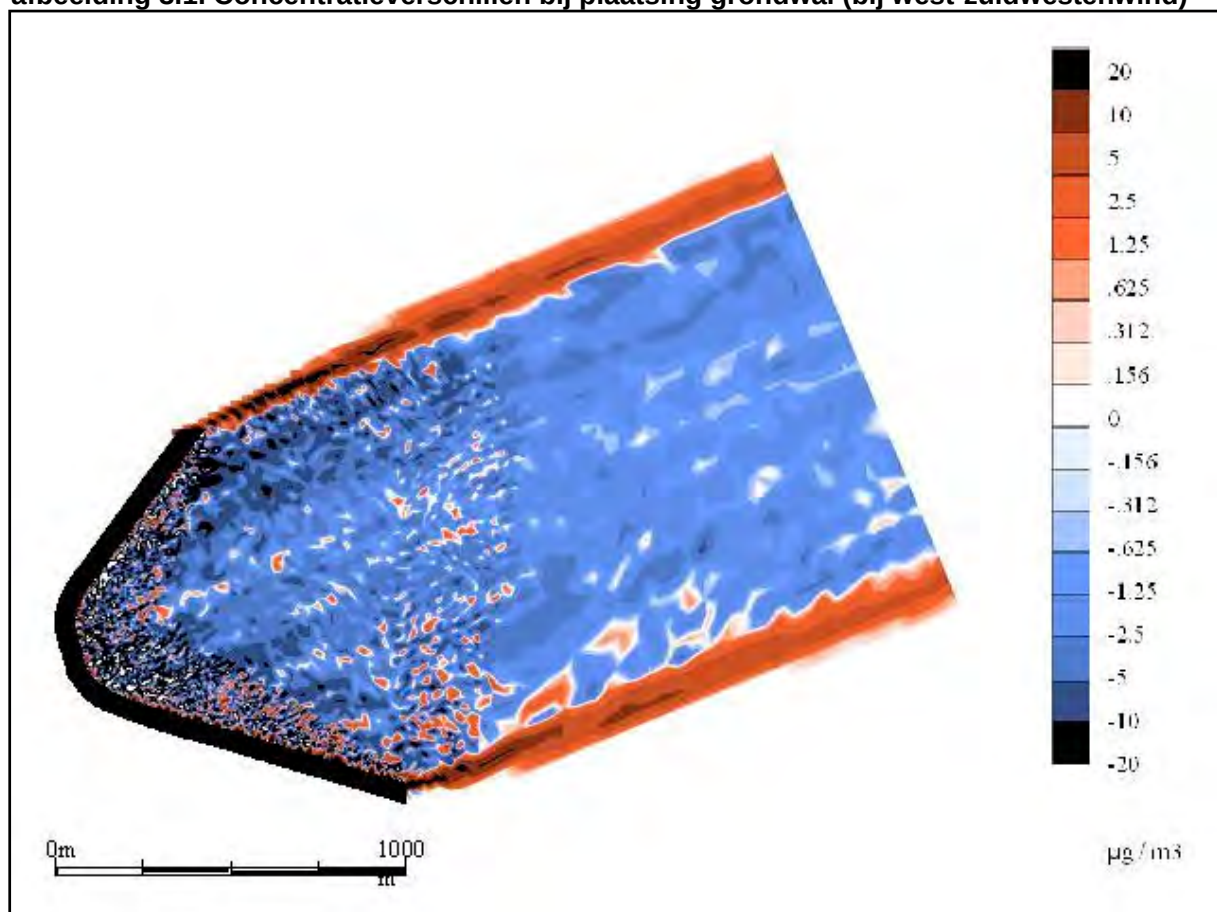
3. BELANGRIJKSTE RESULTATEN

3.1. Luchtkwaliteit

Uit de resultaten van de CFD berekeningen is gebleken dat de windrichting ten opzichte van de oriëntatie van de grondwal een grote invloed heeft op het effect van de grondwal op de luchtkwaliteit. Andersom betekent dit eveneens dat de oriëntatie van de grondwal ten opzichte van de heersende windrichting (en ten opzichte van de weg) een grote invloed heeft op het effect van de grondwal op de luchtkwaliteit.

In het deelrapport luchtkwaliteit in bijlage I zijn voor alle gemodelleerde windrichtingen concentratiecontourenkaarten weergegeven. In deze notitie wordt ingegaan op de resultaten voor de windrichting west-zuidwest. Aanvullend op de afbeeldingen in het rapport is een verschilplot gemaakt tussen de situatie met en zonder grondwal, welke is weergegeven in afbeelding 3.1. Uit deze verschilplot blijkt dat de effecten op de verkeersbijdrage lokaal sterk kunnen variëren.

afbeelding 3.1. Concentratieverschillen bij plaatsing grondwal (bij west-zuidwestenwind)



De effecten zijn het sterkst positief in de zone achter de grondwal waar de windrichting loodrecht op de grondwal staat. De verkeersbijdrage op 100 meter achter de grondwal daalt van circa $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ naar circa $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dus een reductie van 50 %. De verkeersbijdrage op 250 m daalt van circa 15 naar $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dus een reductie van 67 %.

In de zones achter de grondwal waar de wind schuin aan komt waaien zijn de effecten wisselend, van sterk positief tot matig negatief. Ruimtelijk gezien is er een chaotisch wisselend patroon. De wind kan bij een schuine aanvoerrichting de helling van de grondwal beter volgen, waardoor de verontreinigende stoffen minder goed worden gemengd met hogere luchtlagen.

In een smalle zone achter het einde van de grondwal zijn de effecten sterk negatief. De verkeersbijdrage op 250 m verdubbelt van circa 20 naar 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tot ver achter de grondwal is een toename van 100 % berekend. Op 1 km verdubbelt de verkeersbijdrage van circa 6 naar 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze sterke toename is te verklaren doordat de wind voor een deel langs de grondwal wordt geleid en de verkeersemissies meeneemt. Aan het einde van de grondwal komen deze (verzamelde) emissies ineens vrij.

Bij verschillende windrichtingen verschuiven de zones met positieve en negatieve effecten, waardoor het jaargemiddelde effect genuanceerder is. De absolute concentratiebijdragen die met CFD zijn berekend zijn aanzienlijk hoger dan de jaargemiddelde concentratiebijdrage van een weg met vergelijkbare emissiesterkte. Dit komt doordat in de CFD-berekeningen alle emissies naar één richting worden meegevoerd. De (relatieve) effecten in de specifieke windrichting zijn echter wel degelijk realistisch.

3.2. Geluid

Het effect van een grondwal op de geluidbelasting achter de wal is bepaald op basis van de afstand van de maatgevende geluidcontouren (50 en 55 dB) tot de weg. In tabel 3.1 zijn de resultaten samengevat voor de 5 onderzochte snelwegprofielen.

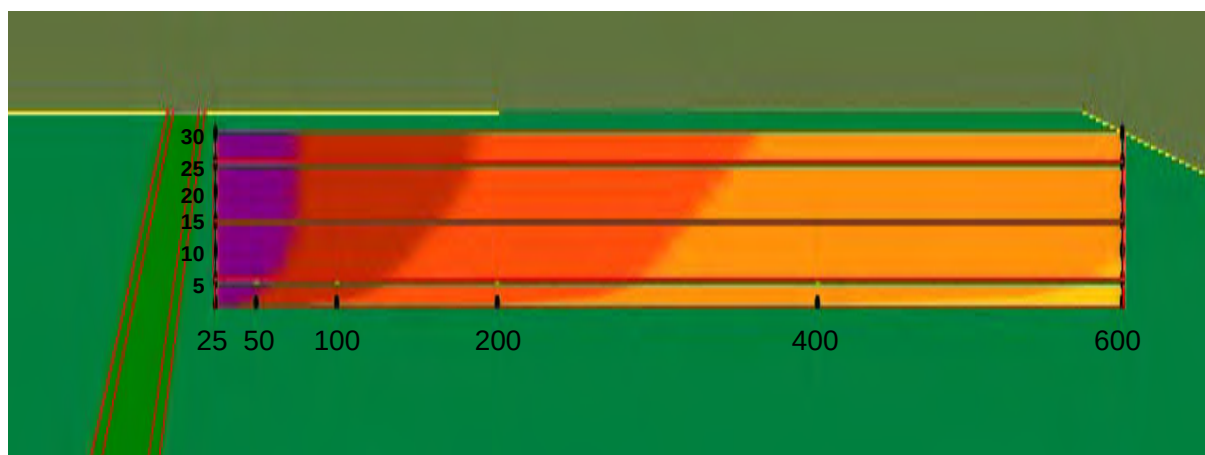
tabel 3.1. Afstand geluidcontouren in de onderzochte varianten (afstand tot weg in meter)

standaard 2x2 autosnelweg					
contour	geen wal	walhoogte = 6 m.	walhoogte = 8 m.	walhoogte = 10 m.	walhoogte = 15 m.
50 dB	600	200	150	150	100
55 dB	300	75	50	voet grondwal	voet grondwal
standaard 2x3 autosnelweg					
contour	geen wal	walhoogte = 6 m.	walhoogte = 8 m.	walhoogte = 10 m.	walhoogte = 15 m.
50 dB	600	350	300	250	200
55 dB	500	150	150	75	voet grondwal
2x3 autosnelweg met doelstrook voor vrachtwagens/bussen					
contour	geen wal	walhoogte = 6 m.	walhoogte = 8 m.	walhoogte = 10 m.	walhoogte = 15 m.
50 dB	600	400	300	250	200
55 dB	500	150	150	75	voet grondwal
standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbanen (4x2 rijstroken)					
contour	geen wal	walhoogte = 6 m.	walhoogte = 8 m.	walhoogte = 10 m.	walhoogte = 15 m.
50 dB	(>) 600	400	350	300	200
55 dB	600	200	150	100	voet grondwal
standaard 2x4 autosnelweg					
contour	geen wal	walhoogte = 6 m.	walhoogte = 8 m.	walhoogte = 10 m.	walhoogte = 15 m.
50 dB	(>) 600	500	400	350	250
55 dB	600	250	175	150	75

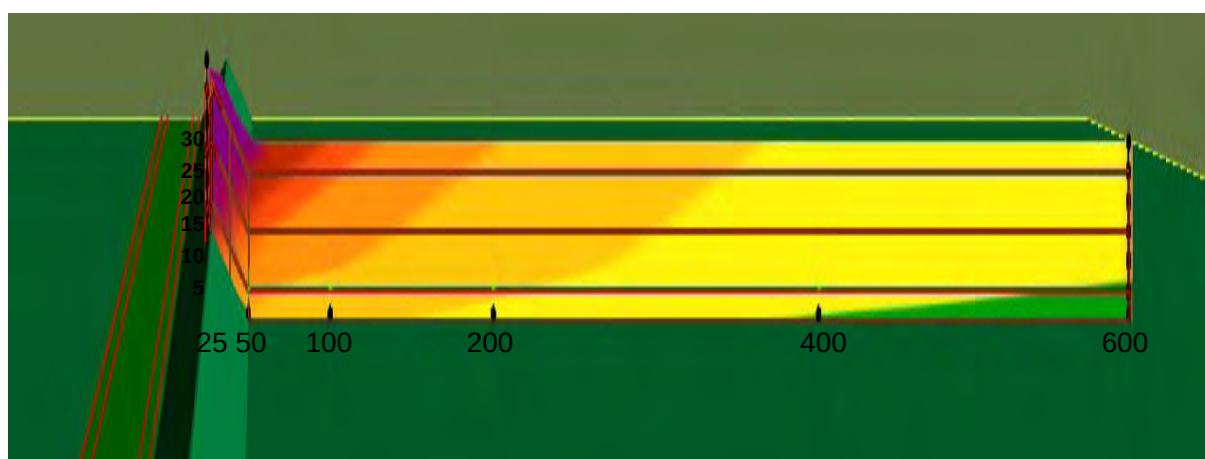
De invloed van de grondwal bij verschillende walhoogtes komt tot uitdrukking in de afstand waarop de geluidcontour zich bevindt. Over het algemeen heeft de aanleg van een grondwal een zeer positief effect op de geluidbelasting. Kunnen zonder wal nauwelijks geluidgevoelige objecten binnen de zone van een snelweg geplaatst worden, met grondwal is dit zeer goed mogelijk. Hierbij is het bijna vanzelfsprekend dat hoe hoger de grondwal is hoe groter het gebied is waarbinnen geluidgevoelige objecten gerealiseerd kunnen worden. Opvallend is dat de verschillen tussen geluidswallen met hoogtes van 6, 8 en 10 meter klein zijn. Pas bij grondwallen van 15 meter hoog wordt in het grootste gebied achter de wal voldaan aan de voorkeursgrenswaarde.

In afbeelding 3.2 is ter illustratie voor één snelwegprofiel de geluidbelasting weergegeven langs een verticale dwarsdoorsnede. In het geluidrapport in bijlage II zijn afbeeldingen opgenomen voor alle onderzochte varianten.

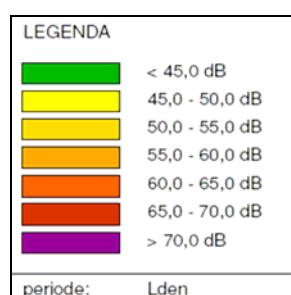
afbeelding 3.2. Verticale doorsnede van geluidbelasting langs een dwarsprofiel (2x3 autosnelweg met doelstrook, totaal 100.000 mvt/etm)



A. zonder grondwal



B. met grondwal (15 meter hoogte)



4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit het onderzoek naar de effecten van een grondwal op de luchtkwaliteit en de geluidbelasting worden de volgende conclusies getrokken.

Luchtkwaliteit:

- de zone achter de grondwal waar de (heersende) wind loodrecht op de grondwal staat heeft de sterkste positieve effecten: de verkeersbijdrage tot op een kilometer daalt met circa 50 tot 70 %;
- bij een schuin aanvoerende windrichting zijn de effecten achter de grondwal wisselend, van sterk positief (zelfde orde grootte als loodrecht effect) tot matig negatief;
- in de smalle zone achter het einde van de grondwal treedt een sterk negatief effect op (verdubbeling van de verkeersbijdrage);
- de grondwal is in de CFD-berekeningen als relatief glad object gemodelleerd. Verwacht wordt dat het afschermende effect van de grondwal verbetert wanneer het oppervlak van de dijk ruwer wordt gemaakt bijvoorbeeld door het aanplanten van vegetatie. Door de vegetatie kan de luchtstroom de kromming van het dijklichaam minder goed volgen en eerder loslaten. Hierdoor zal de verspreiding beter worden en de immissieconcentraties lager;
- momenteel wordt nog onderzoek uitgevoerd naar de effecten van vegetatie op luchtkwaliteit. Mogelijke effecten zijn filtering (adsorptie aan bladeren/naalden van fijn stof en opname van NO₂ in huidmondjes) en opstuwing van de lucht. Vegetatie kan aan de andere kant juist de verversing van lucht belemmeren en de windsnelheid verlagen. Dit heeft juist een negatief effect op de luchtkwaliteit. De netto effecten zijn nog moeilijk kwantificeerbaar. Daarom wordt bijvoorbeeld in het kader van het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) nader onderzoek uitgevoerd (zie: www.ipluchtkwaliteit.nl).

Geluid:

- over het algemeen heeft de aanleg van een grondwal een zeer positief effect op de geluidbelasting. Zonder wal is het vrijwel onmogelijk om geluidgevoelige objecten binnen de zone van een snelweg te realiseren, met grondwal is dit zeer goed mogelijk;
- opvallend is dat de verschillen tussen geluidswallen met hoogtes van 6, 8 en 10 meter klein zijn. Pas bij grondwallen van 15 meter hoog wordt in het grootste gebied achter de wal voldaan aan de voorkeursgrenswaarde;
- ten opzichte van geluidsschermen hebben grondwallen enkele voordelen:
 - grondwallen hebben een hoog eigengewicht, bevat geen spleten, deuren e.d. waardoor de geluidsisolatie alleen afhankelijk is van de hoogte van de grondwal;
 - grondwallen zijn altijd geluidsabsorberend;
 - bij grondwallen is er geen sprake van geluidsreflecties;
- de afschermende werking van een grondwal is nog verder te verbeteren door het aanbrengen van een topscherm bovenop de wal. Hiermee wordt een scherpe 'tophoek' verkregen, wat een betere afscherming geeft dan de normale stompe top van een grondwal.

BIJLAGE I Deelrapport I effecten grondwal op de luchtkwaliteit

		FlowMotion Consultancy Design Engineering		Department FM IA	Document No FM 2008-010-1
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ	Rev No A	Page/Total 1 / 25
client: Witteveen en Bos			Opdrachtnummer:		
Title CFD berekening omstroming dijk					

	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 2 / 25

Circulatie:

(with attachment only if marked *)

CP	Christian Potma
EJ	Ellert Jelsma
EK	Edgar Konijnendijk

Inhoudsopgave

	Definities en Afkortingen.....	3
1	Inleiding.....	3
2	Achtergronden, doelen en onderzoeksmethode	3
2.1	Simulatiemethoden: windtunnelmetingen en CFD	3
3	Opzet	4
3.1	CFD.....	4
3.1.1	Model.....	4
3.1.2	Aannamen en randvoorwaarden.....	4
3.1.3	Tracerstof	5
3.1.4	Windrichtingen	5
3.1.5	Simulaties	5
4	Resultaten	5
4.1	Simulaties	5
4.1.1	Westenwind	6
4.1.2	West-Zuid-Westenwind	6
4.1.3	Zuid-Westenwind	6
4.1.4	Zuid-Zuid-Westenwind.....	7
4.1.5	Zuidenwind	7
5	Conclusies	7

		FlowMotion Consultancy Design Engineering		Department FM IA	Document No FM 2008-010-1
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ	Rev No A	Page/Total 3 / 25

Definities en Afkortingen

CFD Computational Fluid Dynamics

1 Inleiding

Sinds een aantal jaren speelt luchtkwaliteit een steeds prominentere rol in ons dagelijks bestaan. Met name de luchtkwaliteit langs drukke wegen is een veel besproken probleem. Allerlei maatregelen worden er verzonden en getroffen om deze luchtkwaliteit te verbeteren. Een van de mogelijke maatregelen is het plaatsen van een redelijk groot obstakel vlak naast de weg om zo de stroming en daarmee de concentratie van schadelijke stoffen te verminderen. Deze obstakels kunnen schermen en/of gebouwen zijn. Een andere mogelijkheid is het plaatsen van een wal in de vorm van een dijk. In hoeverre deze methode invloed heeft op de stroming wordt in dit rapport beschreven.

2 Achtergronden, doelen en onderzoeksmethode

2.1 Simulatiemethoden: windtunnelmetingen en CFD

De traditionele methode voor het schatten van de windhinder en concentraties rondom een obstakel is het meten van luchtsnelheden rondom een schaalmodel van het obstakel en zijn omgeving in een windtunnel. De windtunnel is zodanig ingericht dat de luchtstroming die op het schaalmodel aankomt, de atmosferische grenslaagstroming op schaal benadert. Om windhinder op straatniveau te kunnen bepalen, worden luchtsnelheidsmetertjes in het schaalmodel opgenomen. Een andere methode om de wind rondom gebouwen te simuleren is CFD (Computational Fluid Dynamics). Dankzij recente ontwikkelingen in de computertechniek is het nu goed mogelijk luchtsnelheden rondom gebouwen te berekenen.

De berekeningen zijn gebaseerd op numerieke benaderingen van de fundamentele vergelijkingen die stromingen in het algemeen beschrijven (Navier- Stokes-vergelijkingen). In het rekenmodel wordt de ruimte tussen de gebouwen gediscrètiseerd (in kleine rekencellen opgedeeld). In ieder van die rekencellen wordt door de computer de luchtsnelheid berekend. Het voordeel van CFD is dus dat er veel meer gedetailleerde gegevens beschikbaar komen dan bij windtunnel metingen, waar maar op een beperkt aantal plaatsen de luchtsnelheid door metertjes bepaald kan worden.

Aan beide simulatiemethoden kleven zowel voor- als nadelen. We zullen ze hier niet uitputtend noemen. Windtunnelexperts kunnen bogen op een lange traditie en ervaring. Windtunnel metingen zijn bovendien relatief snel uitgevoerd. CFD is nog in ontwikkeling, enerzijds door de toenemende rekenkracht van computers en anderzijds door toepassing van steeds directere numerieke benadering van de stromingsvergelijkingen. Bij CFD zijn een goede discretisatie van het rekendomein en de juiste numerieke benadering erg belangrijk.

Voor beide simulatiemethoden geldt dat de betrouwbaarheid van de resultaten door de aannamen en randvoorwaarden wordt bepaald. In dit project is voor CFD gekozen omdat dan voor het hele rekendomein windsnelheden en concentraties beschikbaar komen en meteen gevisualiseerd kunnen worden.

		FlowMotion Consultancy Design Engineering		Department FM IA	Document No FM 2008-010-1
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ	Rev No A	Page/Total 4 / 25

Het is zo makkelijker eventuele problemen en de oorzaken daarvan op te sporen. Anderzijds leent het project zich voor CFD vanwege de relatief eenvoudige geometrie van de dijk waardoor makkelijker een tijdefficiënte simulatie uitgevoerd kan worden.

3 Opzet

3.1 CFD

De berekeningen zijn met het computerprogramma Fluent (versie 6.3) uitgevoerd.

3.1.1 Model

Er is 1 geometrie gebruikt voor de simulaties:

Door Grondbank is er een aantal digitale files geleverd waarin de geometrie van de dijk is weergegeven. Figuur 1 geeft een bovenaanzicht van het gebied. Het originele totale model bestaat uit een soort duinachtig gebied langs de snelweg A50 en A73. De geometrie hiervan was echter dusdanig complex om deze in CFD te modelleren waarna er een alternatief is gemaakt door Grondbank waarmee de beoogde onderzoeksvraag ook onderzocht kon worden. In principe is de vraag wat het effect is van een dijk op de luchtconcentratie achter deze dijk bij verschillende windrichtingen.

In figuur 2 is een dwarsdoorsnede van de dijk weergegeven. Figuur 3 geeft het CFD model weer van de 3D dijkvorm. De lengte van de dijk is zodanig gekozen dat deze doorloopt tot de 2 viaducten die zich daar in realiteit bevinden.

Het CFD domein heeft een hoogte van 500m.

3.1.2 Aannamen en randvoorwaarden

Windprofiel

Voor de windsnelheid $U(z)$ (in m/s) als functie van de hoogte (z in m) in het vrije veld (groot onbebouwd grasveld) wordt een logaritmisch windprofiel aangehouden:

$$U(z) = (u^*/0.4) \cdot \ln((z-d)/z_0)$$

met:

- U^* . de wrijvingssnelheid in m/s,
- d de verschuivingslengte in m,
- z_0 de ruwheidslengte in m.

Voor een klimatologisch station (vrije veld) geldt $d = 0$ m en $z_0 = 0,03$ m. De potentiële windsnelheid U_{pot} is per definitie de windsnelheid die in het vrije veld op 10 m hoogte wordt gemeten. Deze wordt door meteorologische instantie gepubliceerd. Voor de CFD-berekeningen gaan we voor de waarde van de potentiële windsnelheid uit van 5 m/s, omdat deze waarde dicht bij het gemiddelde ligt. Dit leidt tot $u^* = 0,34$ m/s.

Het hierboven beschreven windprofiel wordt aan de inlaat van het rekendomein van het CFD-model ingevoerd. In figuur 4 is het windprofiel weergegeven.

	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 5 / 25

3.1.3 Tracerstof

De tracerstof is losgelaten in een vlak van 0.10m hoog, op 1.5 meterhoogte ter plaats van de weg welke zich 10m van de onderkant van de dijk bevindt. De tracerstof is vanuit een groot aantal punten, die op hun beurt weer via een Gaussische verdeling zijn verspreid over dit vlak, losgelaten. De dichtheid van de tracerstof is gelijk aan die van de omringende lucht. De emissie van het tracergas bedraagt 5mg/km/s en heeft de grootte van PM10 10µm. Deze hoeveelheid komt overeen met een zeer drukke weg. De emissie is in dit onderzoek continue. Er wordt gekeken naar de verdunning bij bepaalde windsnelheden en richtingen en niet naar de jaargemiddelde of 24 uren concentratie.

3.1.4 Windrichtingen

De berekeningen omvatten 5 windrichtingen, w, wzw, z, zw en zzw en dezelfde potentiële windsnelheid van 5 m/s.

3.1.5 Simulaties

In totaal zijn er 5 stationaire berekeningen uitgevoerd. Hieronder zullen de resultaten worden besproken.

4 Resultaten

4.1 Simulaties

Om het effect van de dijk op de stroming en de concentratie weer te geven is er een aantal vlakken gedefinieerd waarop concentraties en snelheden zijn weergegeven.

De witte pijl in de figuren a,b en c geeft de windrichting aan.

De figuren a en b geven voor een hoogte van 1.75m de concentraties weer van de tracerstof. De figuren a zijn geschaald van 0 t/m 25 ug/m³ en de figuren b van 0 t/m 50ug/m³. De inkleuring komt overeen met de concentratie tracer volgens de in de kleurenbalk aangegeven schaalverdeling

De figuren c geven de snelheden weer op 1.75m hoogte.

Figuren d geven de snelheden weer voor een doorsnijdingsvlak dat loodrecht staat op het aardoppervlak en lopend langs de witte lijn welke is aangegeven in figuur 3.

Figuren e laten de stroomlijnen zien die ter plaatse van de weg zijn losgelaten.

Om de verschillen tussen de situatie met en zonder dijk te kunnen vergelijken zijn er ook concentraties berekend zonder dijk. Deze zijn in de figuren f weergegeven.

		FlowMotion Consultancy Design Engineering		Department FM IA	Document No FM 2008-010-1
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ	Rev No A	Page/Total 6 / 25

4.1.1 Westenwind

De figuren 5a en 5b laten de concentraties zien bij Westenwind. Wat direct opvalt zijn 2 gebieden waar de concentraties relatief hoog zijn. Dit zijn de gebieden direct achter de dijk aan beide lange zijden van de dijk. Figuur 5a laat zien dat ter achter de dijk ter plaatse van de meer zuidelijk gelegen dijk de concentraties het hoogst zijn. Dit is onder andere te verklaren door meer in detail naar het stromingsbeeld te kijken. De wind komt relatief recht op het korte gedeelte af dat zich tussen de twee lange zijden bevindt. De doorsnede van de dijk is dusdanig dat de stroming na het hoogste punt moeite heeft de dijk volledig de achterkant van dijk te volgen. De dijk heeft voor dit gedeelte van de dijk eenzelfde functie als een geluidsscherm. Wanneer figuur 5b en 5f met elkaar worden vergeleken is te zien dat de dijk een gunstig, zij het klein, effect heeft op de concentraties voor deze locatie.

Voor de wind die over beide lange zijden gaat stroomt het anders. De schuine aanstroming zorgt er voor dat de doorsnede van de dijk langer en relatief platter wordt. De stroming kan deze contour beter volgen. Wanneer de stroming de dijk nadert zal deze in eerste instantie over de dijk heen gaan. De vorm van de dijk en de hoek die de zijden van de dijk maakt met de windrichting hebben een grote invloed op de richting van de stroming achter de dijk. De stroming zal de neiging hebben om de dijk te volgen wanneer deze het hoogste punt heeft gepasseerd. Dit effect wordt dominanter naarmate de hoek die de wind maakt met een zijde van de dijk kleiner wordt. In figuur 5e is dit effect waarneembaar. De stroomlijnen buigen na het passeren van het hoogste punt naar de dijk. Naar mate de dijk meer scherpe hoeken heeft aan de bovenzijde zal bovendien het effect van het volgen van de dijk alleen maar toenemen.

Figuur 5c geeft de snelheden weer op een hoogte van 1.75m en figuur 5d de snelheden voor het doorsnijdingsvlak. Blauwe gebieden geven lagere snelheden weer. Wat opvalt zijn de lage snelheid gebieden van voor en vlak achter de dijk t.p.v. het korte tussengedeelte. De drukstijging vlak voor de dijk zorgt voor een opstuwning van de wind waardoor de snelheden kleiner worden. Vlak achter dit gedeelte van dijk is de stroming heerst ook een drukstijging. Afhankelijk van de grootte en lengte hiervan kan de stroming gaan loslaten.

4.1.2 West-Zuid-Westenwind

De concentraties voor West-Zuid-Westenwind vertonen een soortgelijk beeld als bij Westenwind. De hogere concentraties vlak achter de zuidelijk gelegen arm van de dijk beginnen iets eerder. Dit heeft te maken met het feit dat de hoek die de wind maakt met de dijk hier groter is en er minder afbuigend effect is van de stroming richting de dijk (figuur 6e). Het tegenovergestelde beeld is terug te vinden achter de dijk voor de noordelijk gelegen arm van de dijk. Wanneer figuur 6b en 6f met elkaar worden vergeleken valt ook hier op dat alleen vlak achter het korte gedeelte van de dijk de concentraties iets lager zijn.

4.1.3 Zuid-Westenwind

Voor deze windrichting ligt het noordelijk gelegen gedeelte van de dijk in het verlengde van de windrichting. De hogere concentraties zullen in een ander vlak liggen dan de 1.75m. Aan het eind van de noordelijke tak, in het verlengde van de zijkant, zijn de concentraties weer hoger.

Achter het zuidelijk gelegen deel van de dijk zijn de concentraties hoger maar minder hoog dan bij een meer schuine aanstroming. Dit gedeelte wordt vrijwel loodrecht aangestroomd en de

		FlowMotion Consultancy Design Engineering		Department FM IA	Document No FM 2008-010-1
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ	Rev No A	Page/Total 7 / 25

verhoogde turbulentie achter dit gedeelte zorgt voor een betere menging van de tracerstof. Dit positieve effect is ook waarneembaar wanneer figuur 7b met 7f wordt vergeleken. Figuur 7e laat tevens zien dat de stroomlijnen door de meer loodrechte aanstroming van het zuidelijk gelegen deel van de dijk, minder de neiging hebben om af te buigen.

4.1.4 Zuid-Zuid-Westenwind

Voor Zuid-Zuid-Westenwind vertoont de concentratie achter het zuidelijke gelegen deel hetzelfde beeld als bij Zuid-Westenwind. De dijk wordt loodrecht aangestroomd en de turbulente stroming achter dit gedeelte de dijk zorgt weer voor een relatieve lagere concentratie.

Voor het noordelijke gelegen deel komt de tracerstof de dijk zelfs niet meer over. De hoge concentraties liggen noordelijk van de dijk. Ook hier is te zien dat de schuin aangestroomde dijk een invloed heeft op de verdeling van de hoge concentraties achter de dijk. Het stroomlijnenpatroon in figuur 8e laat zien dat de stroomlijnen de dijk volgen

4.1.5 Zuidenwind

Bij Zuidenwind lijken de concentraties achter de dijk veel op de situatie voor Zuid-Zuid-Westenwind. Ook hier zijn de concentraties voor het gebied direct achter de dijk laag in vergelijking met de andere windrichtingen.

5 Conclusies

In dit rapport is de invloed van een dijkwand op de luchtconcentratie berekend voor 5 verschillende windrichtingen. Resultaten laten zien dat de invloed van de windrichting een dominante rol speelt voor de concentratie verdeling voor het gebied achter de dijk.

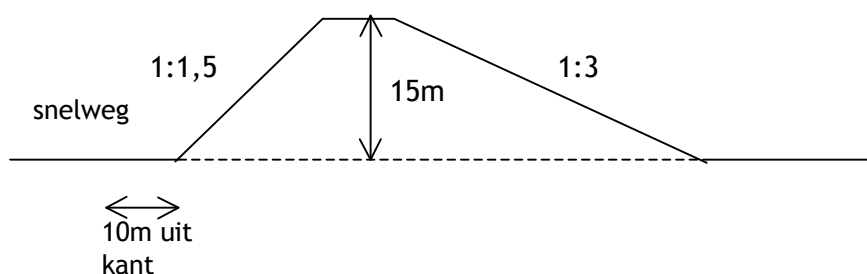
De dijk heeft een meer positief effect op de concentraties wanneer deze loodrecht wordt aangestroomd. Bij schuine aanstroming volgt de wind de dijkvorm en zorgt hiermede voor het transport van de tracer naar lager gelegen gebieden achter de dijk. Hoewel de concentraties lager zijn dan wanneer er geen dijk is, is het effect niet zo groot als bij een geluidsscherm.

In deze studie is het oppervlak de dijk relatief glad. Het plaatsen van vegetatie en of een extra scherpe rand in de vorm van een hekwerk zal er voor zorgen dat de stroming turbulenter wordt en daarmee de concentraties lager worden.

	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 8 / 25

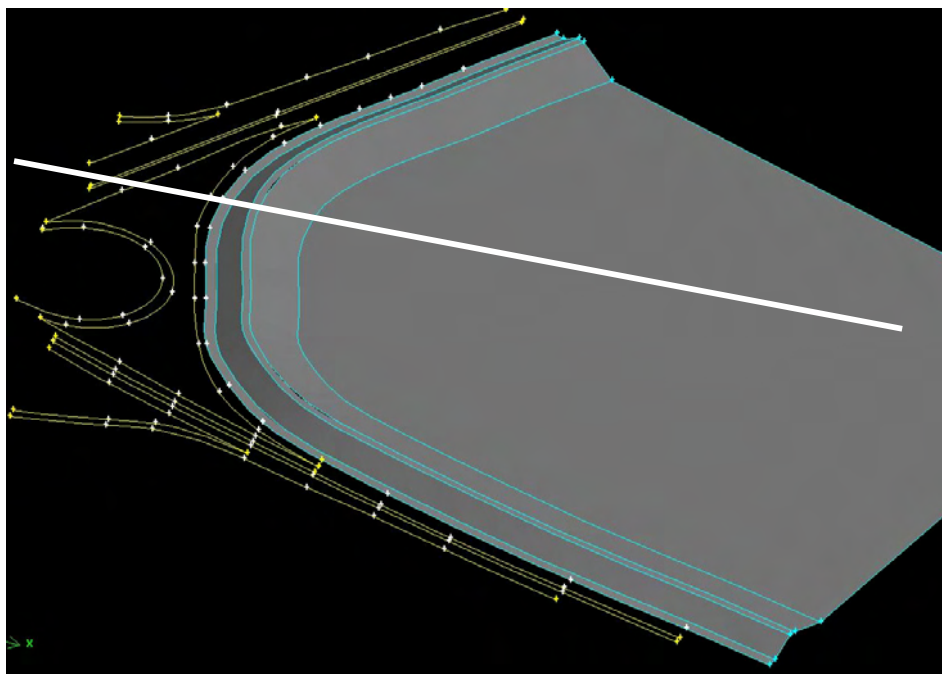


Figuur 1 Bovenaanzicht van het te bestuderen gebied

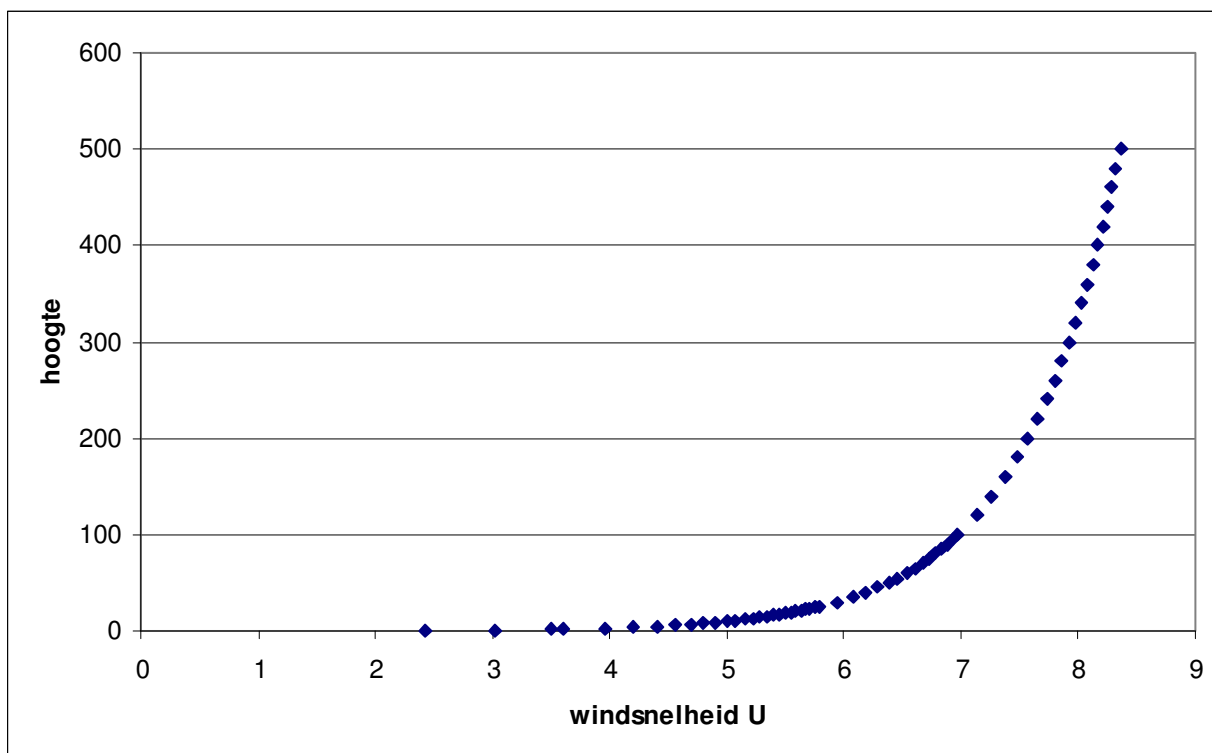


Figuur 2 Dwarsdoorsnede van de dijk

		FlowMotion Consultancy Design Engineering		Department FM IA	Document No FM 2008-010-1
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ	Rev No A	Page/Total 9 / 25

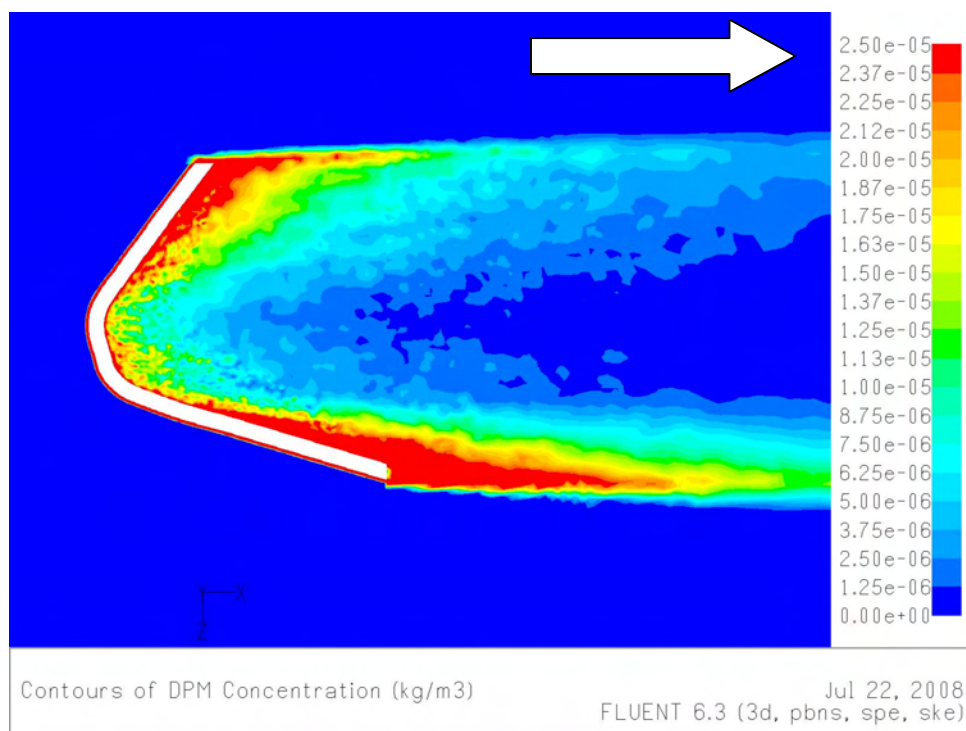


Figuur 3 CFD model van de dijk

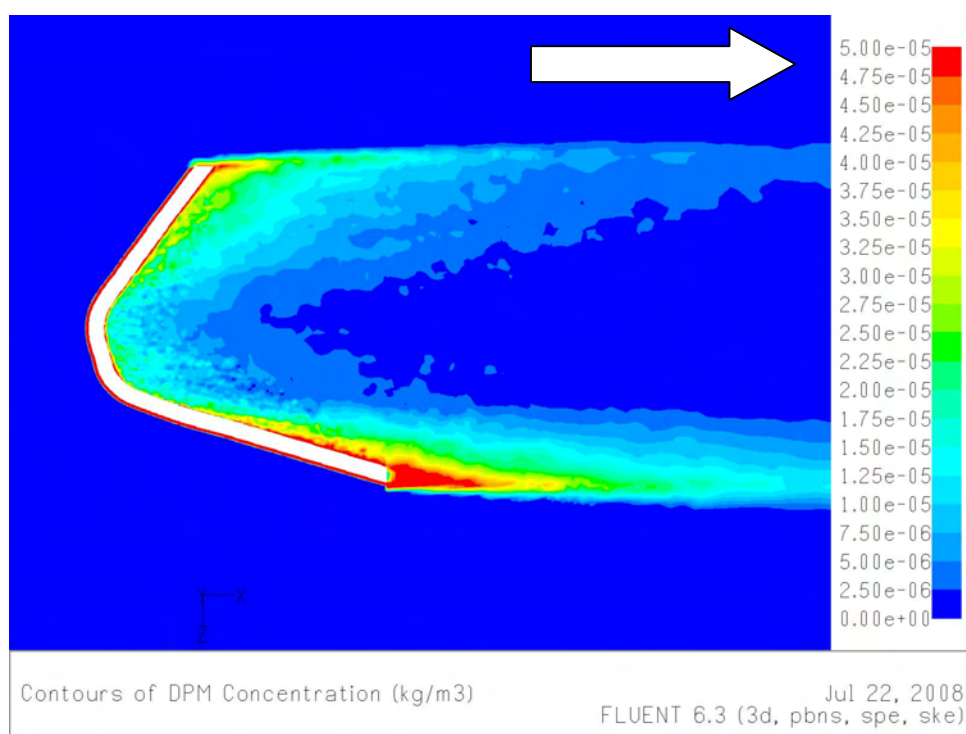


Figuur 4 Windprofiel

		FlowMotion			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1
Consultancy Design Engineering						
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 10 / 25

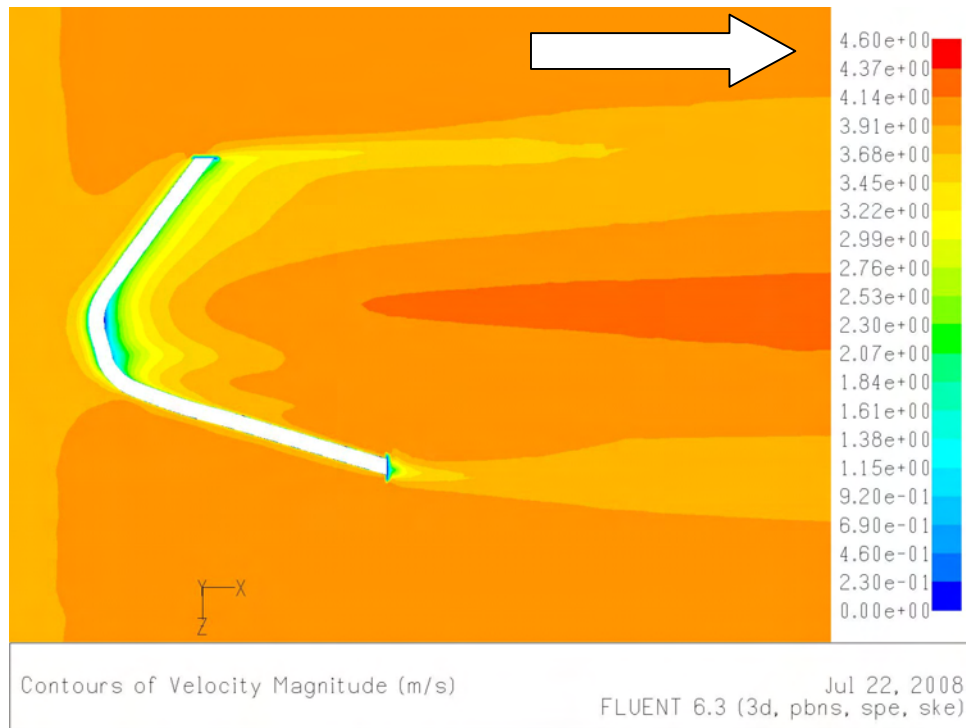


Figuur 5a concentraties tracer 0 - 25ug (Westenwind)

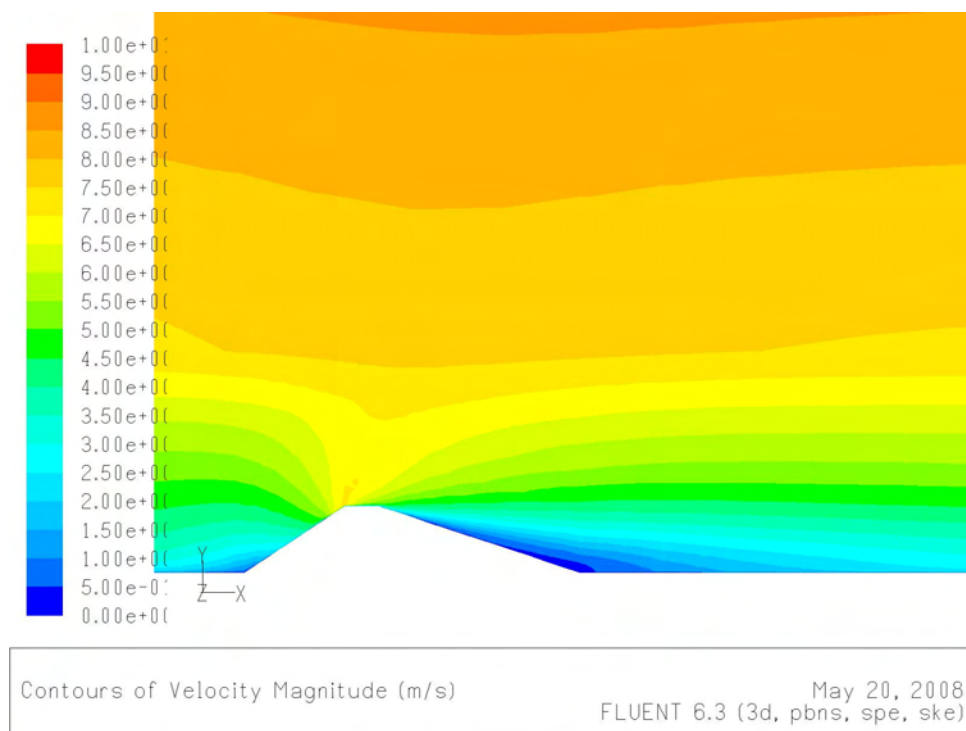


Figuur 5b concentraties tracer 0 - 50ug (Westenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering				Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 11 / 25	

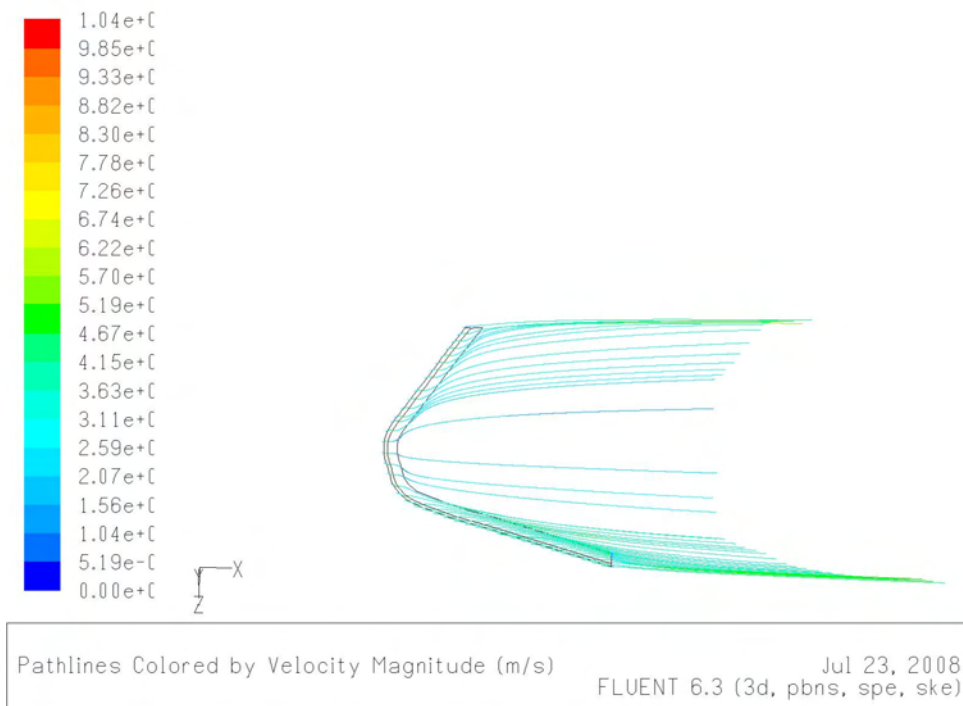


Figuur 5c Snelheden 1.75m hoogte (Westenwind)

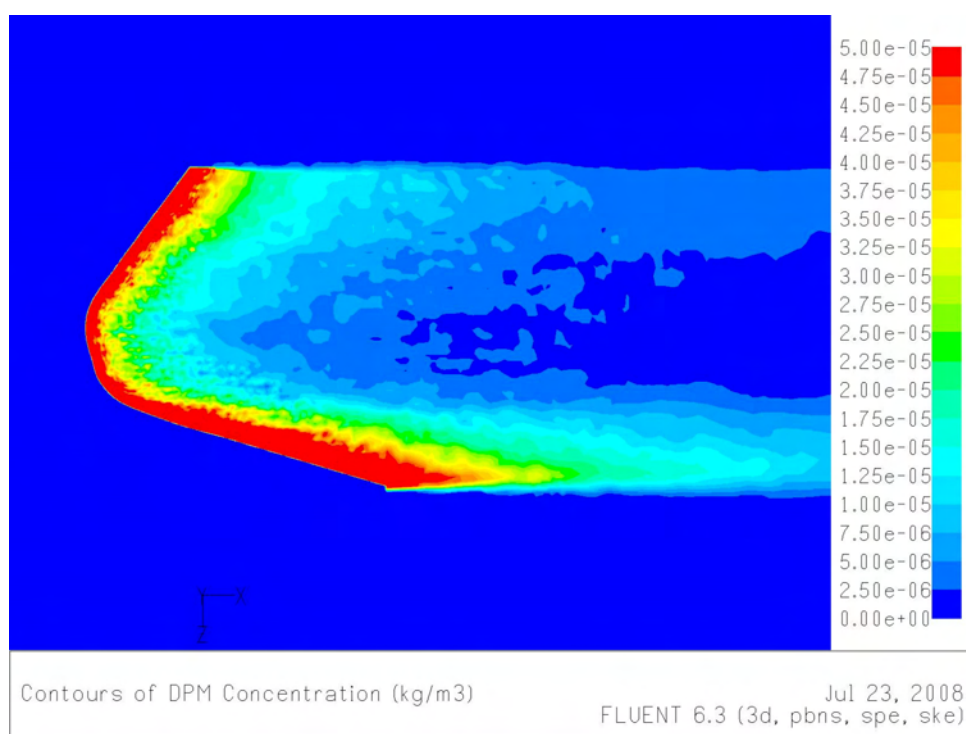


Figuur 5d Snelheden doorsnijdingsvlak (Westenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 12 / 25

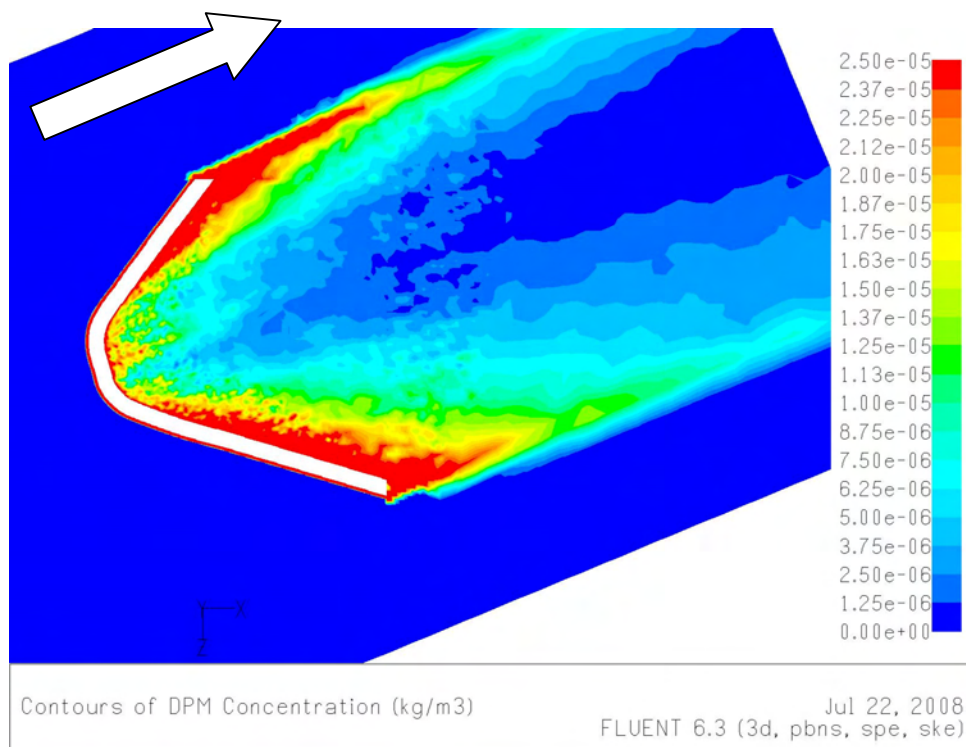


Figuur 5e Stroomlijnen doorsnijdingsvlak (Westenwind)

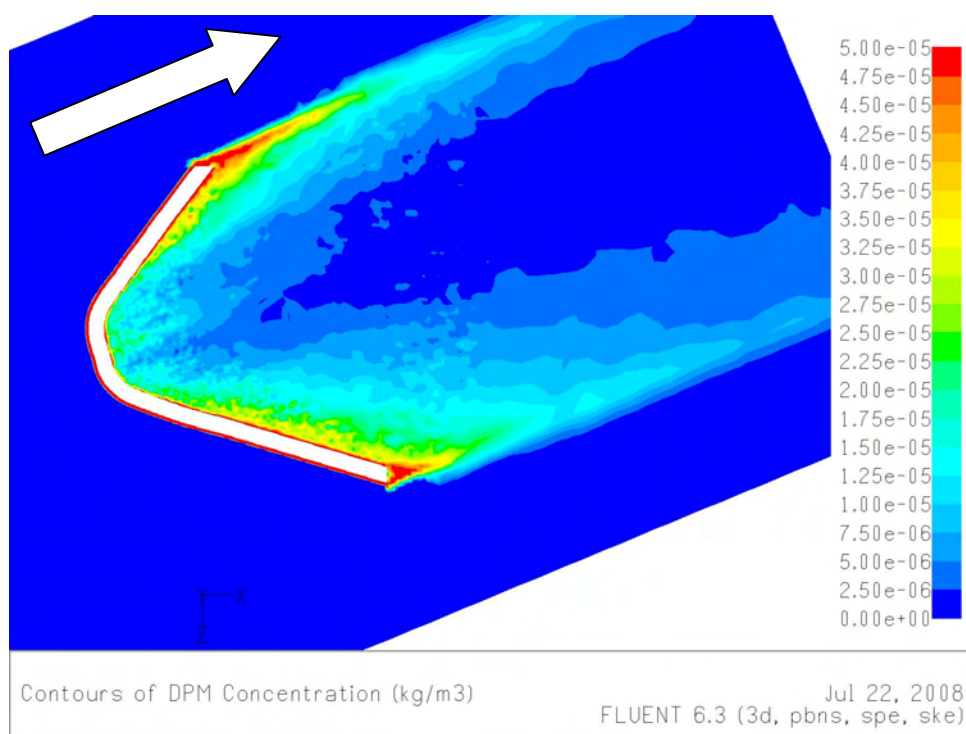


Figuur 5f concentraties tracer 0 - 50ug zonder dijk(Westenwind)

		FlowMotion			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1
Consultancy Design Engineering						
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 13 / 25

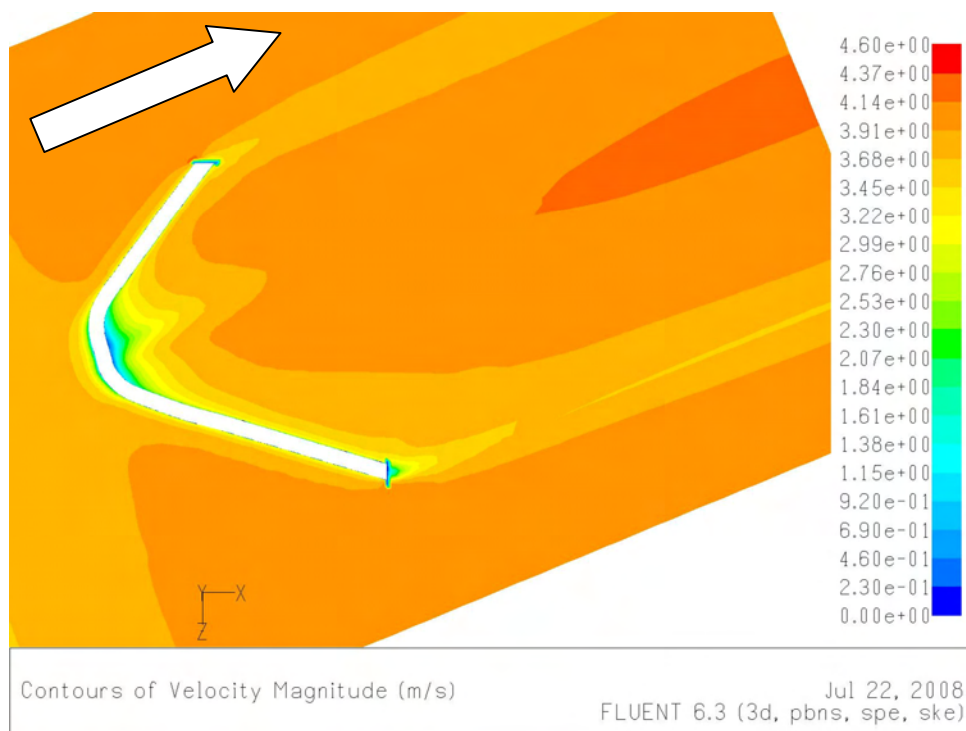


Figuur 6a concentraties tracer 0 - 25ug (West-Zuid-Westenwind)

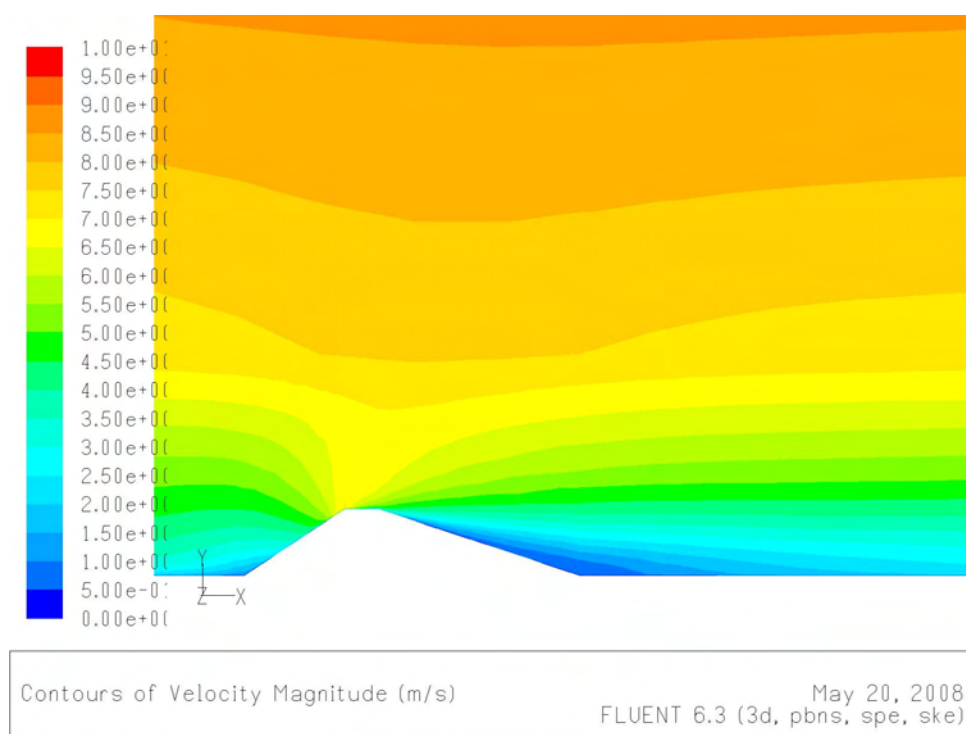


Figuur 6b concentraties tracer 0 - 50ug (West-Zuid-Westenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 14 / 25

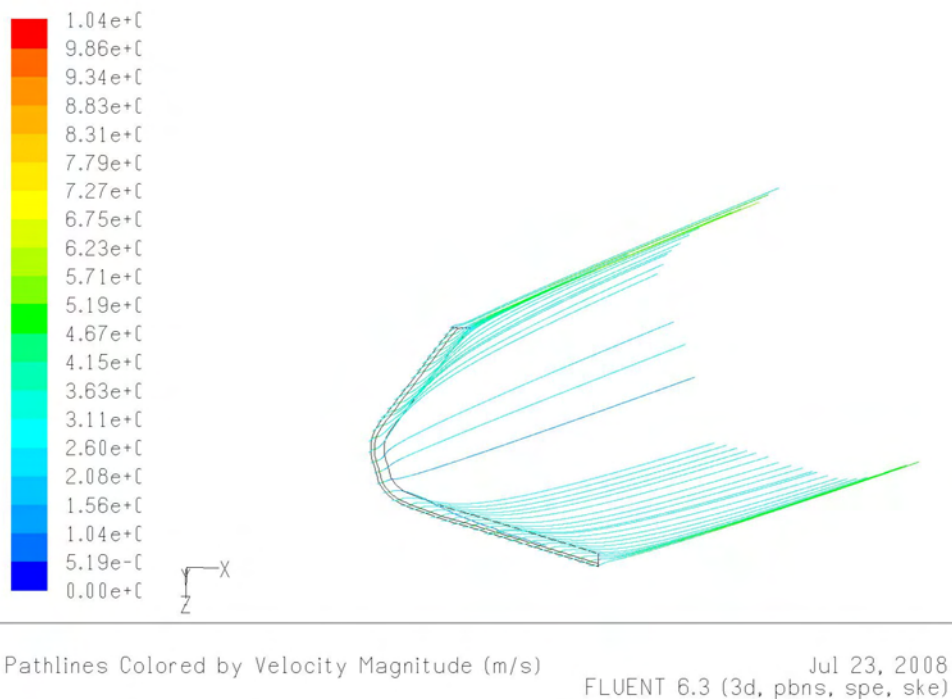


Figuur 6c Snelheden 1.75m hoogte (West-Zuid-Westenwind)

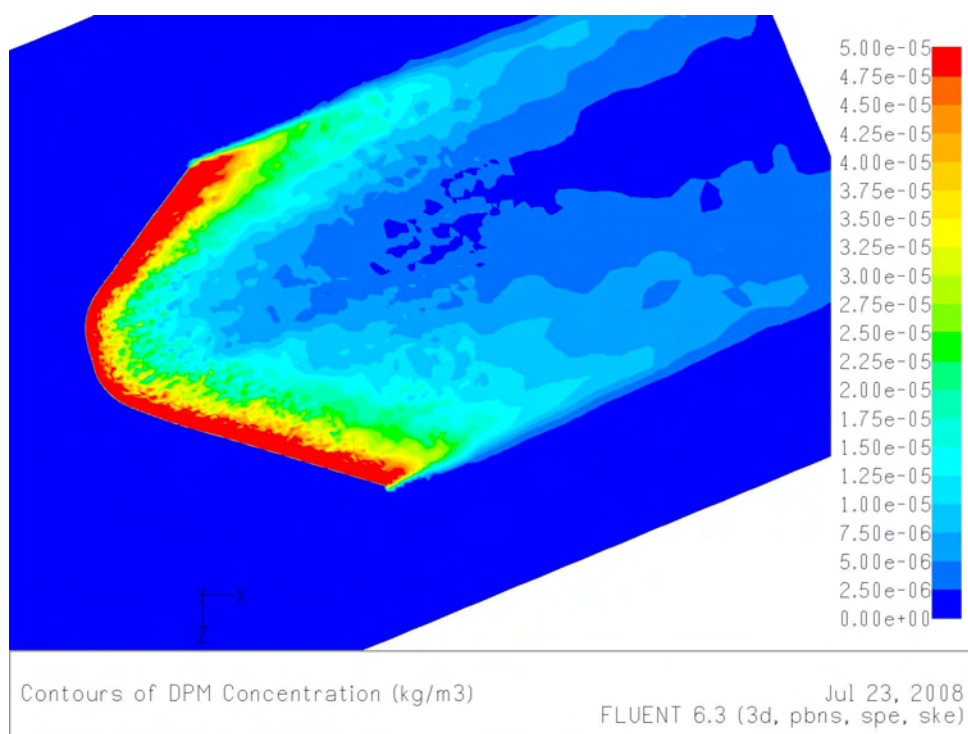


Figuur 6d Snelheden doorsnijdingsvlak (West-Zuid-Westenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 15 / 25

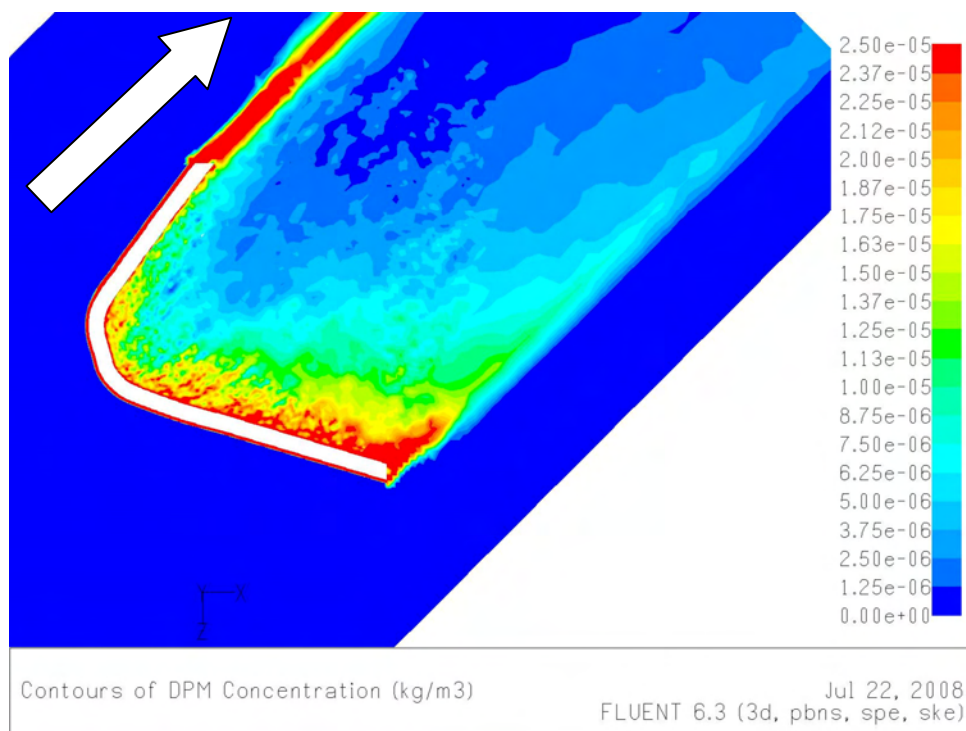


Figuur 6e Stroomlijnen doorsnijdingsvlak (West-Zuid-Westenwind)

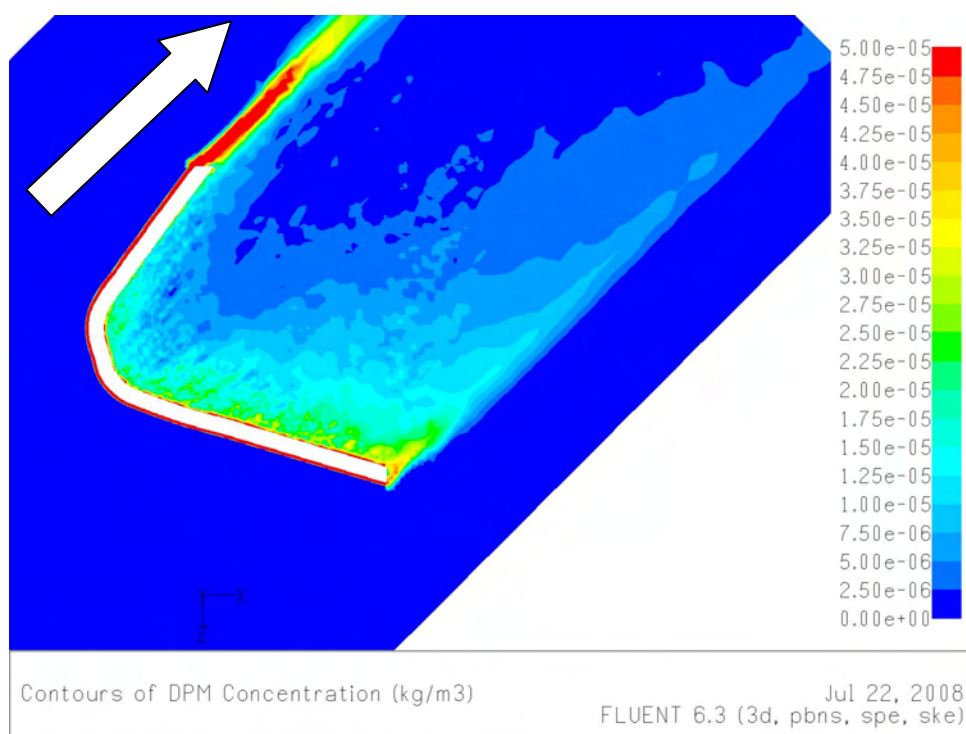


Figuur 6f concentraties tracer 0 - 50ug zonder dijk(West-Zuid-Westenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 16 / 25

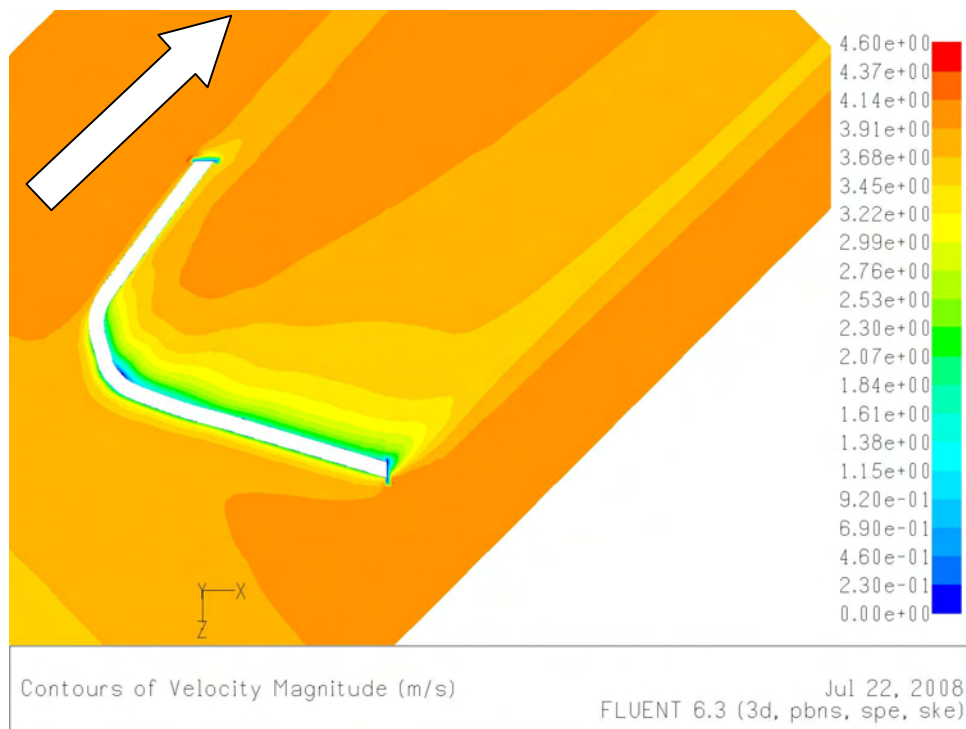


Figuur 7a concentraties tracer 0 - 25ug (Zuid-Westenwind)

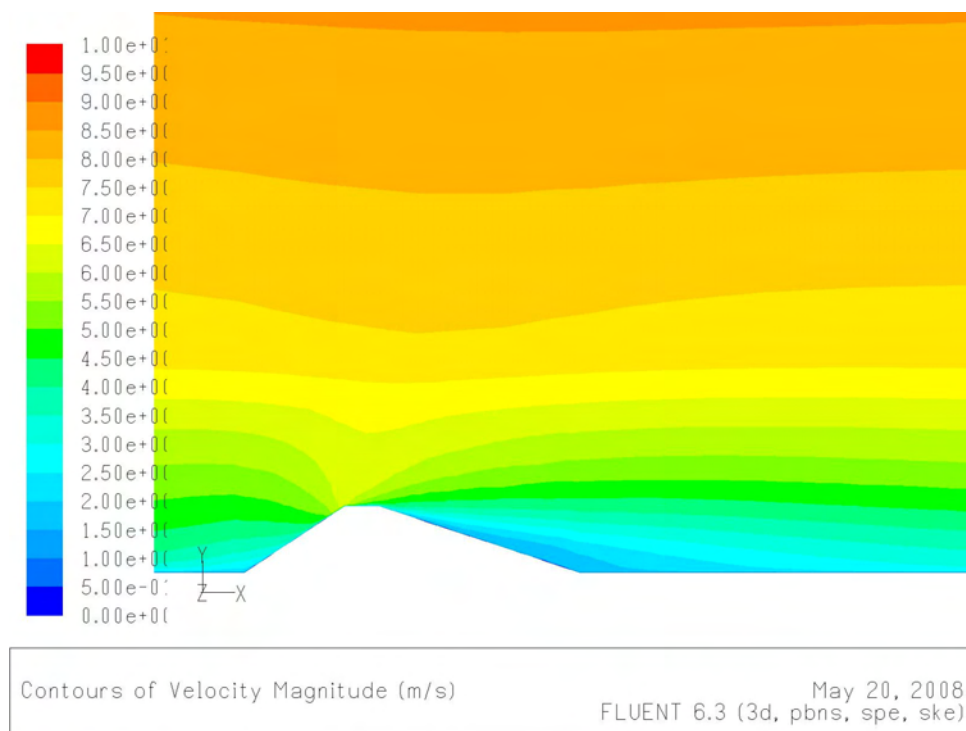


Figuur 7b concentraties tracer 0 - 50ug (Zuid-Westenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering				Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 17 / 25	

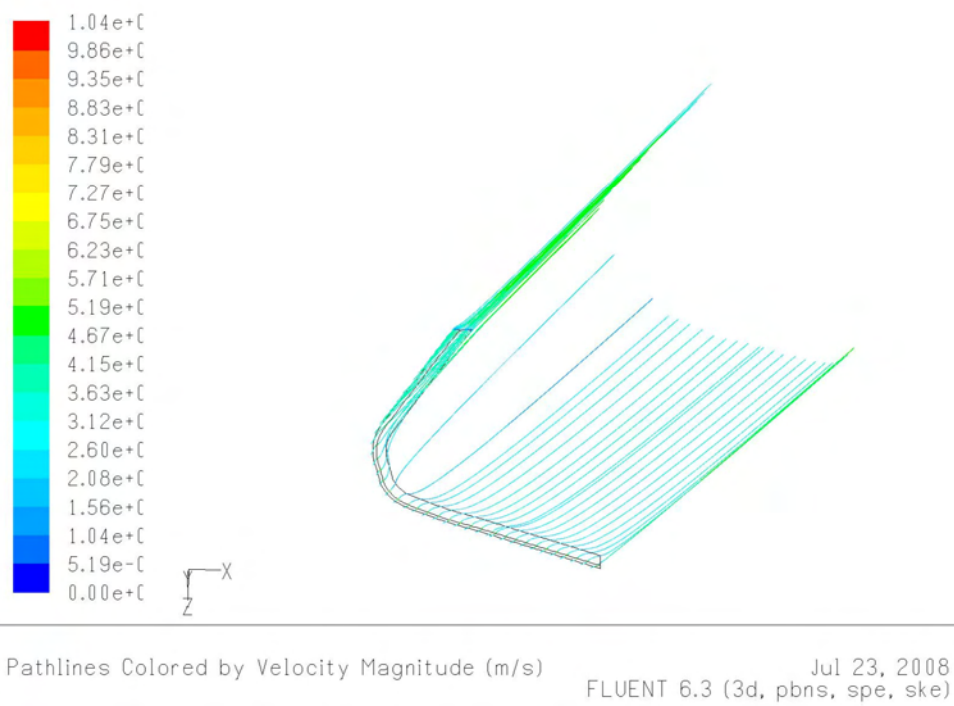


Figuur 7c Snelheden 1.75m hoogte (Zuid-Westenwind)

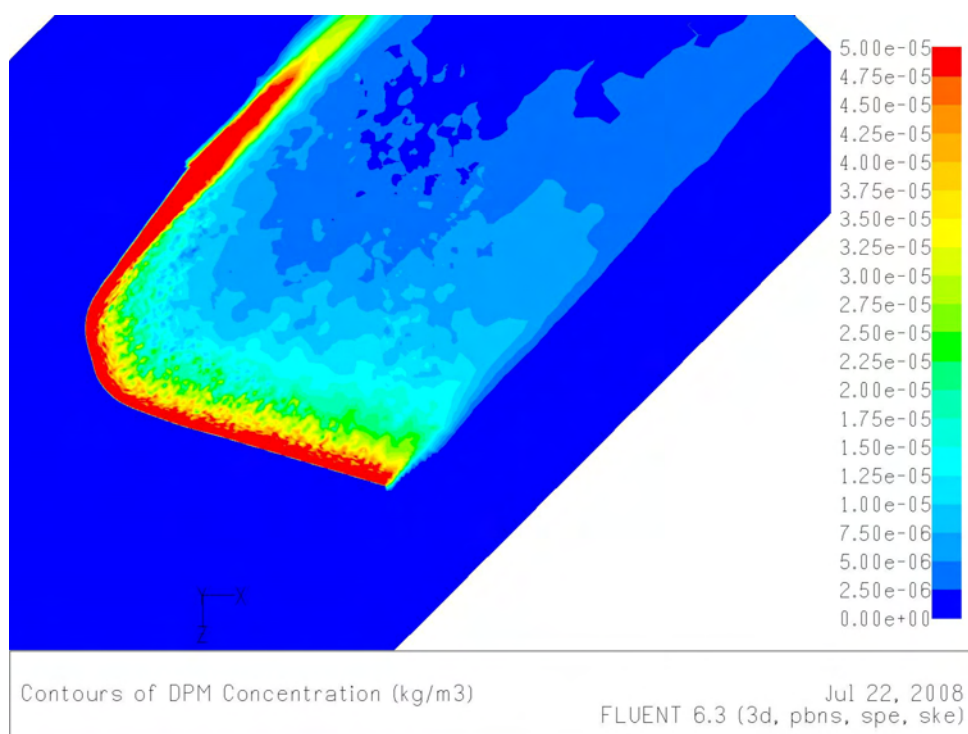


Figuur 7d Snelheden doorsnijdingsvlak (Zuid-Westenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering				Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 18 / 25	

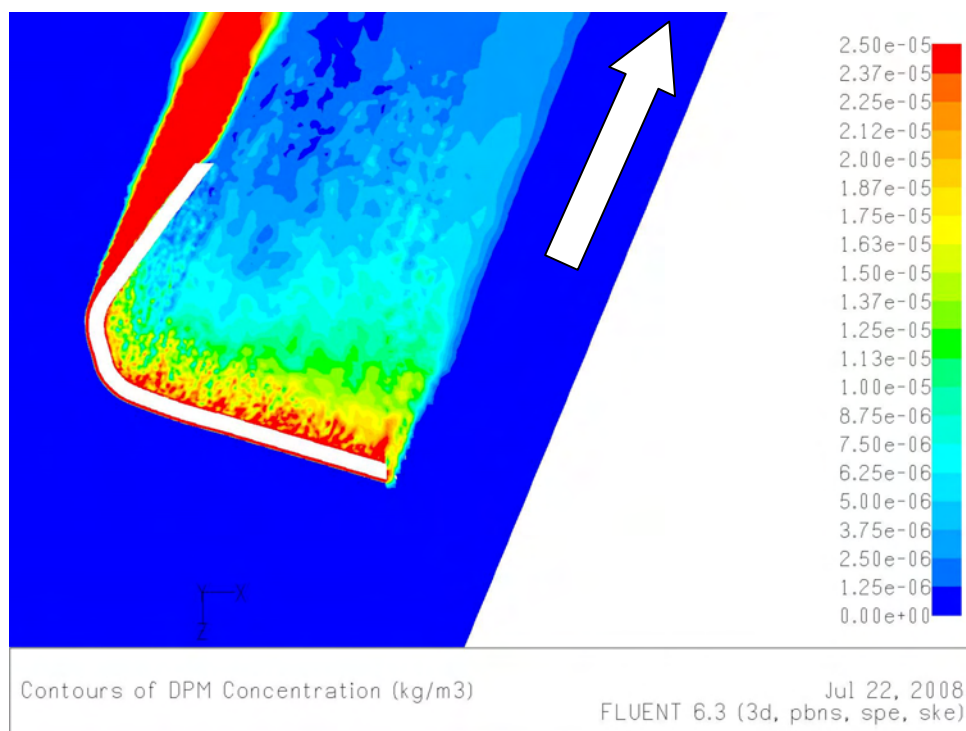


Figuur 7e Stroomlijnen doorsnijdingsvlak (Zuid-Westenwind)

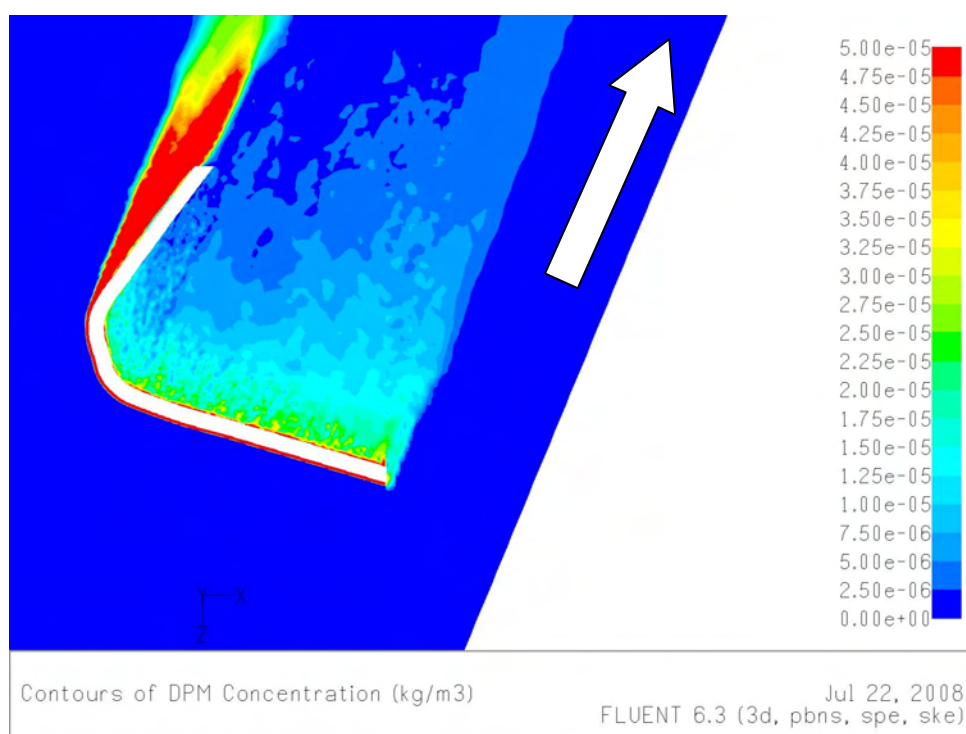


Figuur 7f concentraties tracer 0 - 50ug zonder dijk (Zuid-Westenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 19 / 25

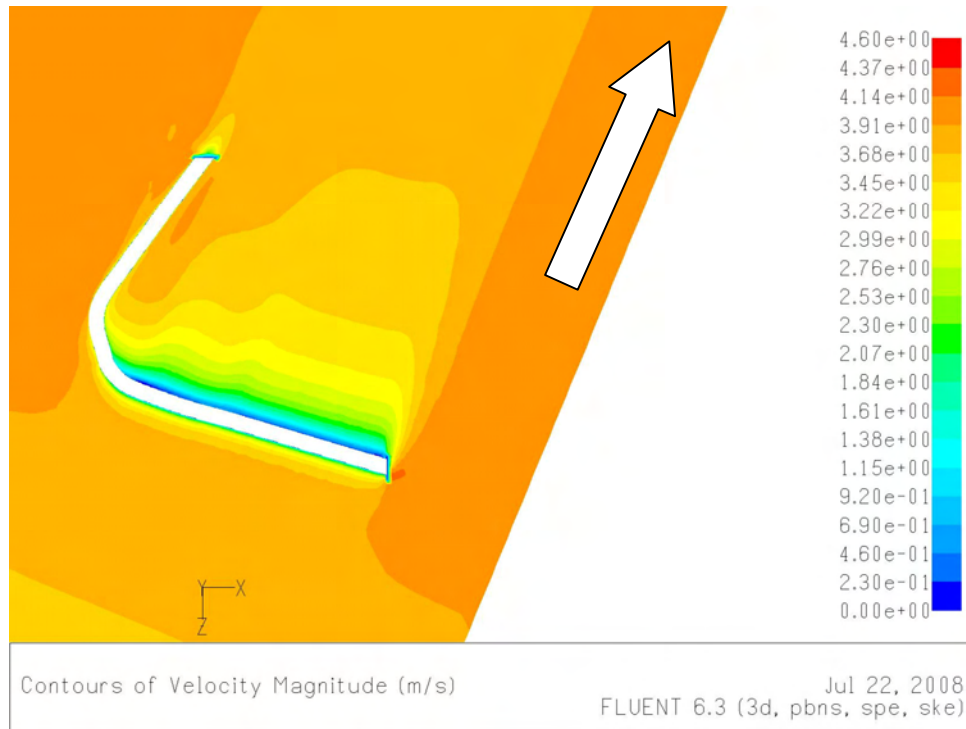


Figuur 8a concentraties tracer 0 - 25ug (Zuid-Zuid-Westenwind)

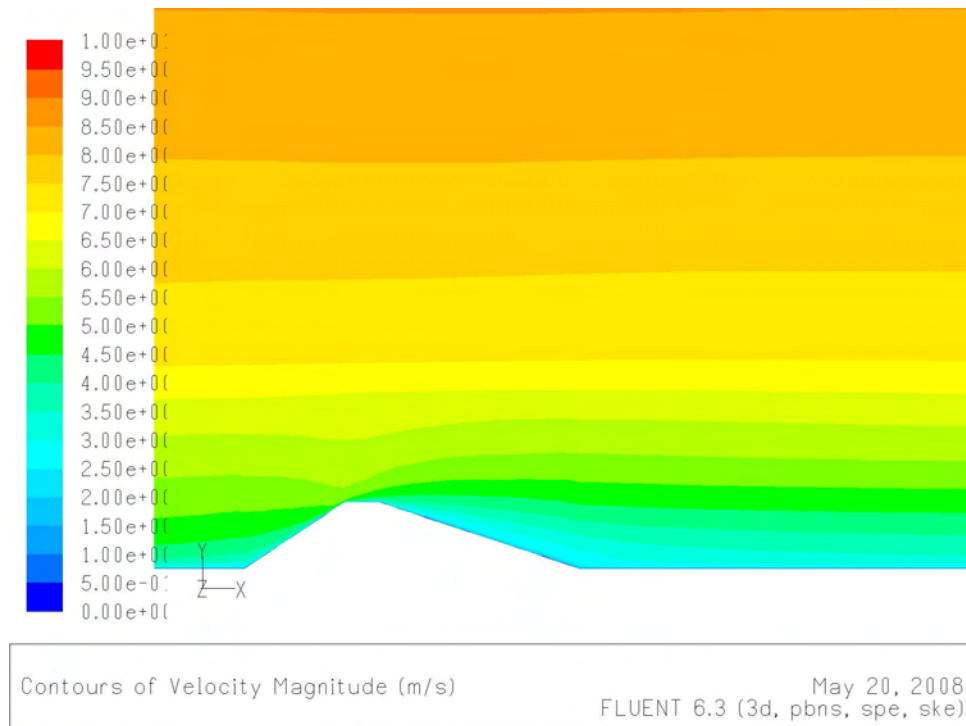


Figuur 8b concentraties tracer 0 - 50ug (Zuid-Zuid-Westenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering				Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 20 / 25	

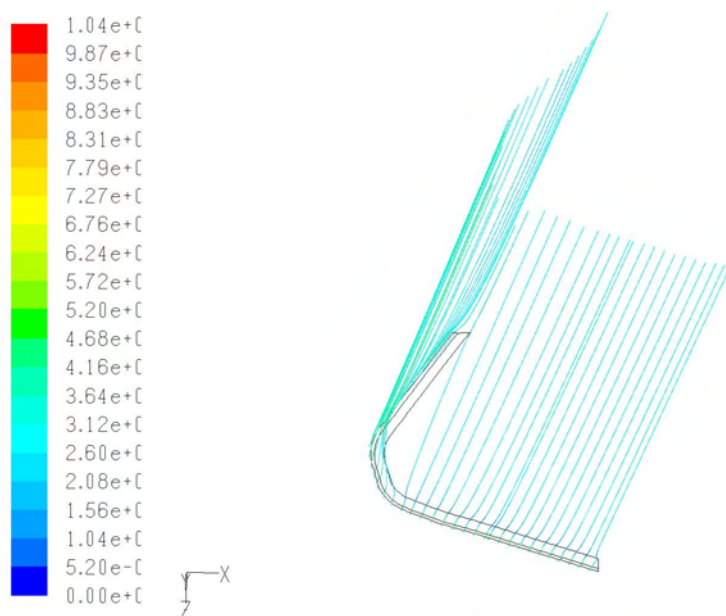


Figuur 8c Snelheden 1.75m hoogte (Zuid-Zuid-Westenwind)



Figuur 8d Snelheden doorsnijdingsvlak (Zuid-Zuid-Westenwind)

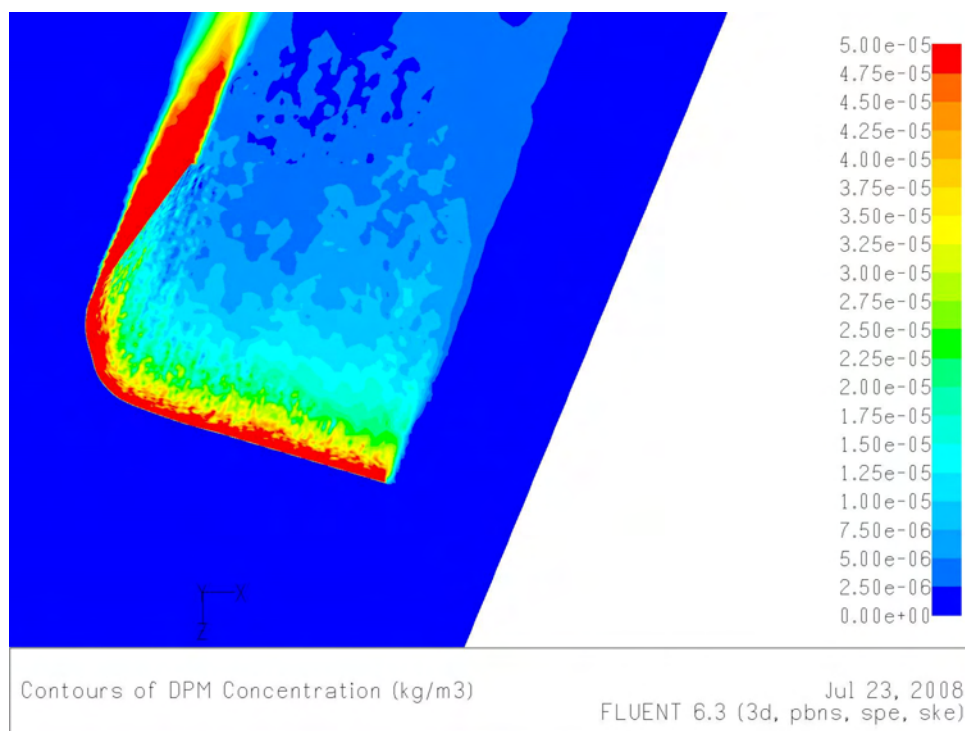
	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 21 / 25



Pathlines Colored by Velocity Magnitude (m/s)

Jul 23, 2008
FLUENT 6.3 (3d, pbns, spe, ske)

Figuur 8e Stroomlijnen doorsnijdingsvlak (Zuid-Zuid-Westenwind)

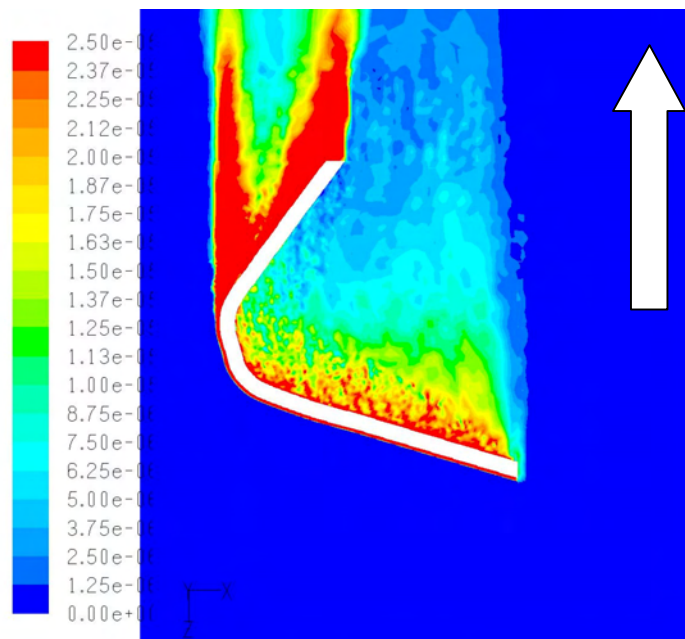


Contours of DPM Concentration (kg/m3)

Jul 23, 2008
FLUENT 6.3 (3d, pbns, spe, ske)

Figuur 8f concentraties tracer 0 - 50ug zonder dijk (Zuid-Zuid-Westenwind)

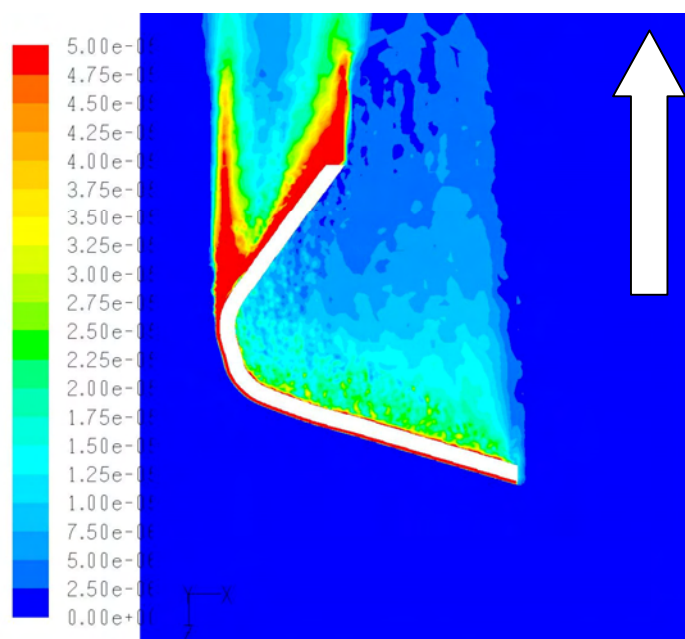
		FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA		Document No FM 2008-010-1		
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP		Checked (name/date/signature) Rapporteur CP		Confirmed (name/date/signature) CFD EJ		Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 22 / 25



Contours of DPM Concentration (kg/m3)

May 20, 2008
FLUENT 6.3 (3d, pbns, spe, ske)

Figuur 9a concentraties tracer 0 - 25ug (Zuidenwind)

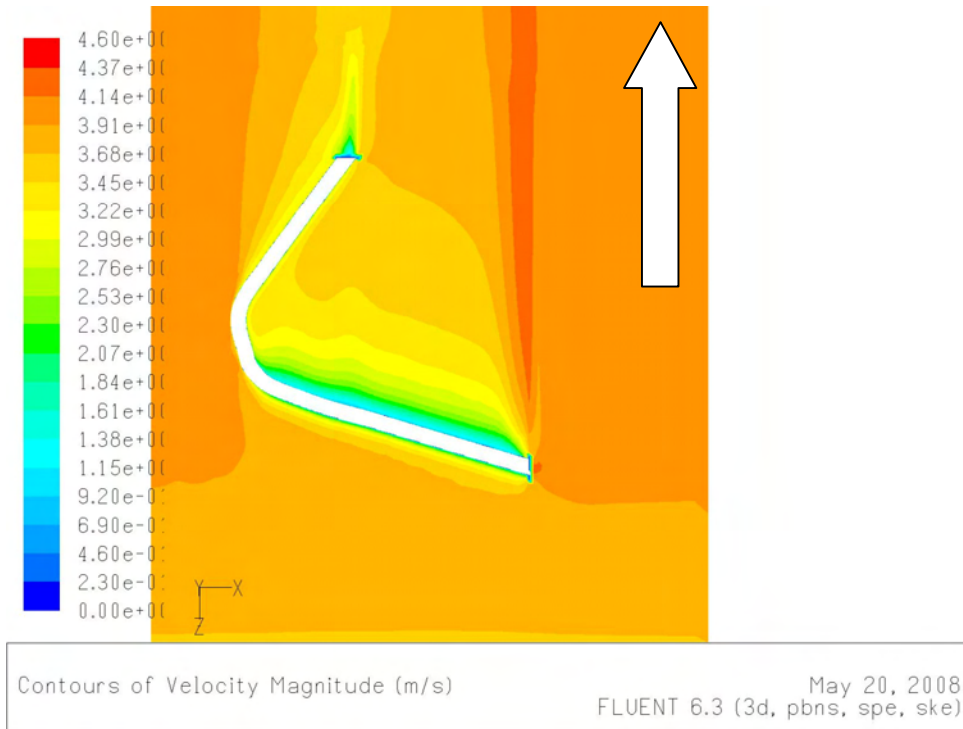


Contours of DPM Concentration (kg/m3)

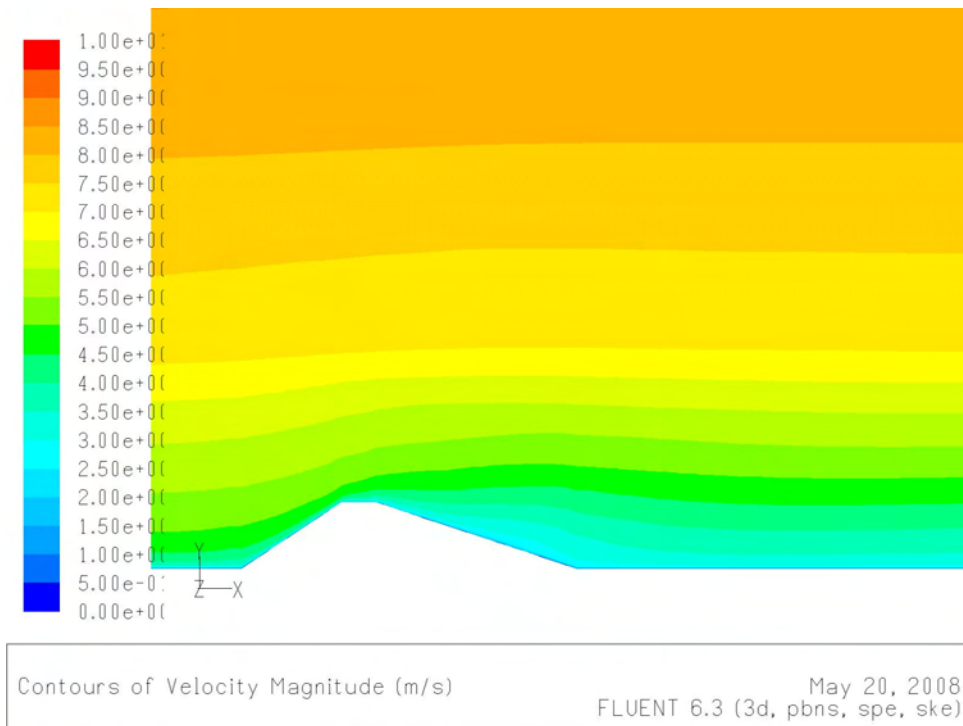
May 20, 2008
FLUENT 6.3 (3d, pbns, spe, ske)

Figuur 9b concentraties tracer 0 - 50ug (Zuidenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering				Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 23 / 25	

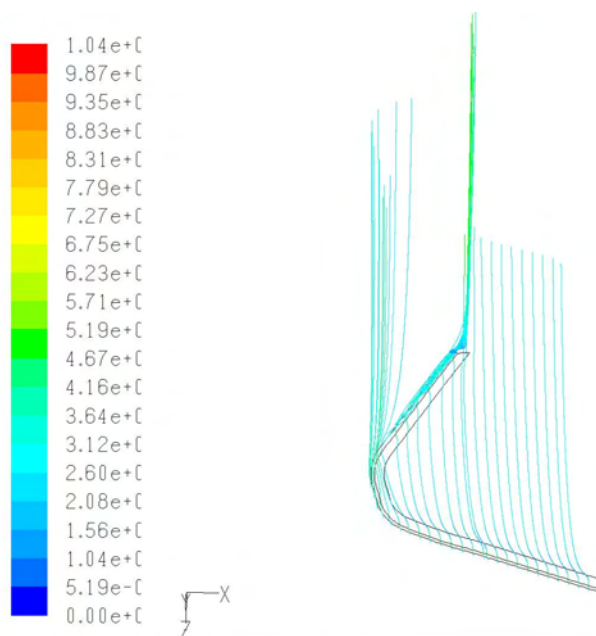


Figuur 9c Snelheden 1.75m hoogte (Zuidenwind)



Figuur 9d Snelheden doorsnijdingsvlak (Zuidenwind)

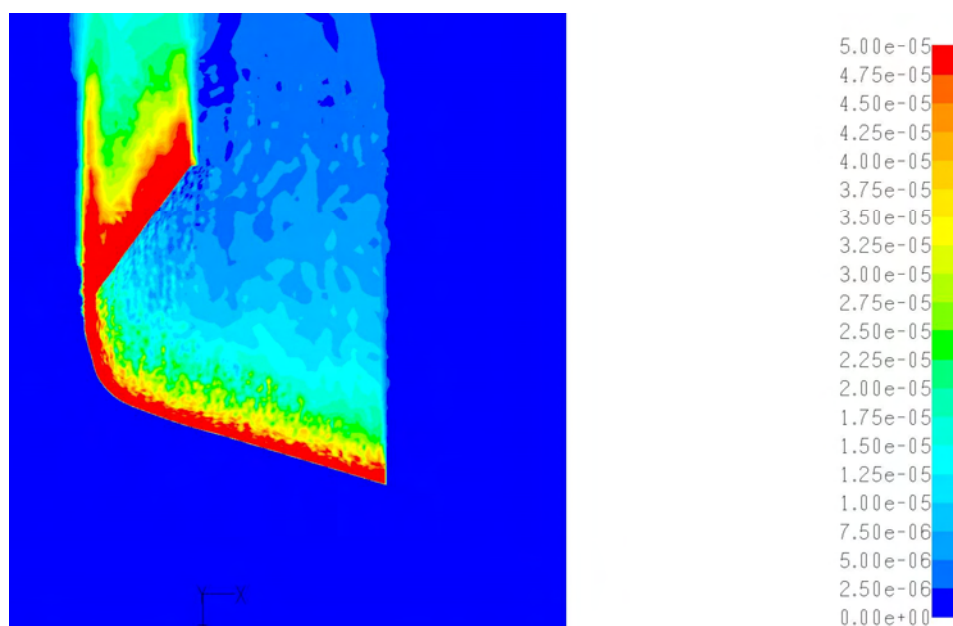
	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 24 / 25



Pathlines Colored by Velocity Magnitude (m/s)

Jul 23, 2008
FLUENT 6.3 (3d, pbns, spe, ske)

Figuur 9e Stroomlijnen doorsnijdingsvlak (Zuidenwind)



Contours of DPM Concentration (kg/m3)

Jul 22, 2008
FLUENT 6.3 (3d, pbns, spe, ske)

Figuur 9f concentraties tracer 0 - 50ug zonder dijk (Zuidenwind)

	FlowMotion Consultancy Design Engineering			Department FM IA	Document No FM 2008-010-1	
Prepared (name/date/signature) Projectleider CP	Checked (name/date/signature) Rapporteur CP	Confirmed (name/date/signature) CFD EJ	Approved (name/date/signature) Interne Controle EJ		Rev No A	Page/Total 25 / 25



BIJLAGE II Deelrapport II effecten grondwal op de geluidsbelasting

Grondbank GMG

Akoestisch effect grondwallen

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Akoestisch effect grondwallen

referentie AH504-1/	projectcode AH504-1	status definitief
projectleider ir. A.C.J. Donkersloot	projectdirecteur ir. A.M. Schakel	datum 14 juli 2008

autorisatie goedgekeurd	naam ing. H.H. Bakker	paraaf
-----------------------------------	---------------------------------	---------------

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2000

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
2. ACHTERGRONDEN WEGVERKEERSLAWAAI EN GELUIDSAFSCHERMING	2
2.1. Algemeen	2
2.2. Wegverkeerslawai	2
2.3. Geluidsafscherming	2
2.3.1. Geluidsisolatie	3
2.3.2. Geluidsabsorptie	3
2.3.3. Reflecties	3
2.3.4. Tophoek	4
2.3.5. Barriers	4
3. UITGANGSPUNTEN BEREKENINGEN	5
3.1. Rekenmethode	5
3.2. Grondwal	5
3.2.1. Afstand	5
3.2.2. Hoogte	5
3.2.3. Steilheid	5
3.3. Algemene uitgangspunten rekenmodel	6
3.4. Wegprofielen referentiesituaties	6
3.4.1. Standaard 2x2 autosnelweg	7
3.4.2. Standaard 2x3 autosnelweg	7
3.4.3. 2x3 autosnelweg met doelstrook voor vrachtwagens/bussen	8
3.4.4. Standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbanen (4x2 rijstroken)	9
3.4.5. Standaard autosnelweg met 2x4 rijstroken	10
4. REKENRESULTATEN	12
4.1. Inleiding	12
4.2. Standaard 2x2 autosnelweg (1)	12
4.2.1. Bespreking resultaten	14
4.3. Standaard 2x3 autosnelweg (2)	15
4.3.1. Bespreking resultaten	16
4.4. 2x3 autosnelweg met doelstrook voor vrachtwagens/bussen (3)	17
4.4.1. Bespreking resultaten	19
4.5. Standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbanen (4)	19
4.5.1. Bespreking resultaten	21
4.6. Standaard autosnelweg met 2x4 rijstroken (5)	22
4.6.1. Bespreking resultaten	23
4.7. Belangrijkste conclusies uit de uitgevoerde berekeningen	24
5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	25

laatste bladzijde	25
-------------------	-----------

1. INLEIDING

De geluidsproblematiek in Nederland wordt, ondanks de inspanningen van de afgelopen jaren, eerder groter dan kleiner. Door groei van het weg- en het spoorwegverkeer groeit ook de geluidhinder. Eén mogelijke maatregel om de geluidsbelasting te verminderen is het aanleggen van grondwallen. Grondbank GMG realiseert dergelijke grondwallen. Zij zijn geïnteresseerd in de effecten die een grondwal heeft op de luchtkwaliteit en de geluidsbelasting afkomstig van snelwegen. In dit rapport wordt ingegaan op de afschermende werking die grondwallen hebben bij situering langs snelwegen. Hiertoe zijn de effecten van grondwallen van verschillende hoogte bepaald voor verschillende wegprofielen van snelwegen. Voor de verschillende wegprofielen is uitgegaan van de standaard snelwegprofielen die Rijkswaterstaat hanteert voor nieuwe wegontwerpen.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de achtergronden van wegverkeerslawaaï en geluidsafscherming. Dit hoofdstuk is met name geschreven voor niet akoestici. In hoofdstuk 3 zijn de uitgangspunten voor de berekeningen opgenomen. De gebruikte standaard wegprofielen zijn hierin genoemd. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 de rekenresultaten besproken en weergegeven. Hiertoe zijn overzichtelijke 2D figuren opgesteld. Tot slot worden de conclusies in hoofdstuk 5 weergegeven.

2. ACHTERGRONDEN WEGVERKEERSLAWAAI EN GELUIDSAFSCHERMING

2.1. Algemeen

In dit hoofdstuk wordt in het kort ingegaan op de achtergronden van wegverkeerslawaaï en in het bijzonder achtergronden met betrekking tot afscherming. Het is niet de bedoeling hierin volledig te zijn. In de literatuuropgave staat een aantal publicaties vermeld die de achtergronden uitgebreider vermelden. In dit verband verwijzen wij naar bijvoorbeeld de Richtlijnen geluidsbeperkende constructies langs wegen, publicatie GCW-2007 van het CROW.

2.2. Wegverkeerslawaaï

Het geluid van een verkeersstroom wordt opgewekt door motorgeluid, geluid van de uitlaat, rolgeluid dat ontstaat tussen de band en het wegdek en aërodynamisch geluid. Bij Rijkswegen waar in het algemeen met hoge rijsnelheden wordt gereden, is vooral het rolgeluid maatgevend voor de geluidsemissie. Het geluid afkomstig van een verkeersstroom (de geluidsemissie van een weg) is onder andere afhankelijk van de volgende factoren:

- het aantal voertuigen per beoordelingsperiode;
- de samenstelling van de verkeersstroom (aantallen lichte motorvoertuigen, middelzware motorvoertuigen en zware motorvoertuigen);
- de representatieve gemiddelde rijsnelheid van de verschillende motorvoertuigcategorieën;
- type wegdekverharding.

De geluidsbelasting op enige afstand van de weg (de geluidsimmissie) wordt bepaald door de geluidsemissie van de weg minus de demping die optreedt tussen de emissie en het waarneempunt op enige afstand van de weg. De totale demping wordt aangeduid als overdrachtdemping. De overdrachtdemping bestaat uit demping als gevolg van afstand (geometrische uitbreiding), demping als gevolg van energieopname door de lucht (luchtdemping) en bodem (bodemdemping). Indien een geluidsgolf op weg van het emissiepunt naar het immissiepunt een obstakel ontmoet dan treedt er verzwakking van het geluidsniveau op als gevolg van afscherming. Echter, op een andere locatie kan dit obstakel weer voor een toename zorgen door het optreden van reflectie.

2.3. Geluidsafscherming

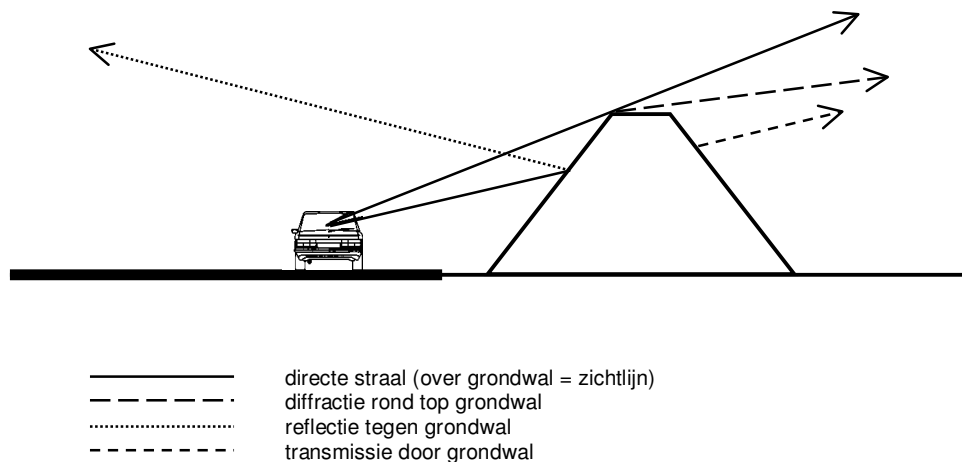
Geluid plant zich voort als een golfbeweging. Ontmoet een geluidsgolf een obstakel, bijvoorbeeld een wal, dan treedt er een aantal verschijnselen op. De mate waarin deze verschijnselen zullen optreden, is sterk afhankelijk van de afmetingen en de akoestische eigenschappen van het obstakel.

Er zijn bij een geluidsbeperkende constructie (zoals een geluidswal) drie fenomenen te onderscheiden. Het geluid komt achter de voorziening terecht (zie afbeelding 2.1):¹

- óver de afschermende voorziening heen (diffractie);
- dóór de afschermende voorziening heen (transmissie);
- teruggekaatst door een object aan de overkant van de weg (reflectie).

¹ In principe kan geluid ook verticaal langs een grondwal komen. Dit geluidpad speelt vooral een rol bij het begin en het einde van een grondwal. In dit onderzoek wordt dit effect niet meegenomen. De effecten van een grondwal worden in dit onderzoek bepaald op basis van zogenoemde oneindig lange geluidsobjecten.

afbeelding 2.1. Overzicht van de mogelijkheden van geluidsoverdracht rond een obstakel



Het afschermend effect is het grootste indien het geluid als gevolg van een wal een zo groot mogelijke omweg moet overbruggen. Een wal dichtbij het emissiepunt geeft daarom een grotere demping dan een wal op grotere afstand van de bron.

2.3.1. Geluidsisolatie

De geluidsisolatie van een geluidsbepurende voorziening is afhankelijk van:

- het materiaalsoort van de voorziening;
- het eigengewicht van de voorziening;
- de uitvoering van dilataties, spleten en aansluitingen;
- de aanwezigheid van deuren, luiken en andere elementen (zeer lokale effecten).

Grondwallen hebben hierbij voordelen ten opzichte van geluidsschermen. Een grondwal heeft een hoog eigengewicht, bevat geen spleten en deuren e.d. De geluidsisolatie is daarmee alleen afhankelijk van de hoogte van de grondwal.

2.3.2. Geluidsabsorptie

De geluidsabsorptie van een geluidsbepurende voorziening is afhankelijk van:

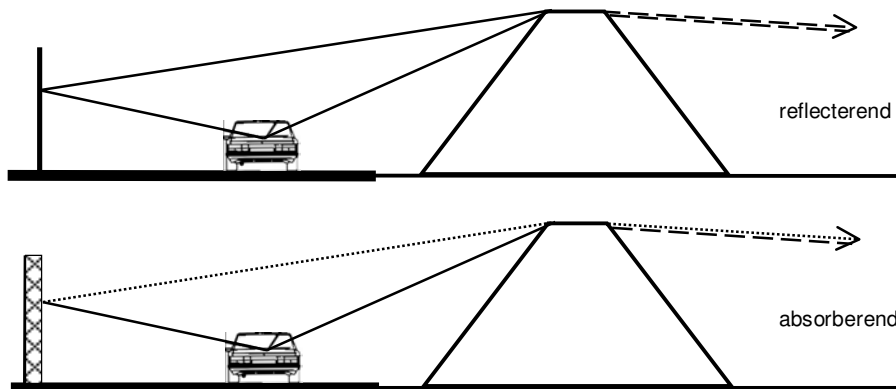
- de materiaalsoort van de voorziening;
- de akoestische porositeit van het oppervlak;
- de oriëntatie van het geluidsabsorberende oppervlak ten opzichte van andere (reflecterende) objecten.

Wederom hebben grondwallen hierbij voordelen ten opzichte van geluidsschermen. Een grondwal is altijd absorberend, waarbij de mate van absorptie in niet betekende mate afhangt van grondsoort en oriëntatie ten opzicht van andere objecten.

2.3.3. Reflecties

Reflecties tegen objecten kunnen de afschermende werking van een grondwal in ongunstige zin beïnvloeden. Bij objecten aan de andere zijde van de grondwal treedt reflectie op. Deze reflectie kan een bijdrage leveren aan de geluidsbelasting achter de grondwal. In afbeelding 2.2 is dit schematisch weergegeven.

afbeelding 2.2. Voorbeeld van geluidsreflectie tussen een grondwal met parallel scherm



Meervoudige reflecties treden bij grondwallen nauwelijks op, aangezien grondwallen geluidsabsorberend zijn. Het grootste gedeelte van de geluidsenergie die op de grondwal valt, wordt dan in de wal omgezet in energie (warmte).

2.3.4. Tophoek

Het effect van afschermende objecten is behalve van de positie, de hoogte en de lengte ook afhankelijk van het profiel van het afschermende object. In het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006 is daarom voorzien in een zogenoemde tophoekcorrectie. Deze tophoekcorrectie brengt het effect in rekening dat bij een scherpe top (zoals bij een standaard geluidsscherm) een betere afscherming wordt verkregen dan bij een stompe top zoals bij een grondwal. De tophoekcorrectie heeft dus te maken met het profiel van de tophoek en niet met de positie van de top van het scherm.

Deze betere afscherming kan ook verkregen worden middels een scherm boven op een grondwal. Hiertoe is het wel vereist dat het scherm minimaal een zelfde hoogte heeft als de grondwal. In dit onderzoek is deze variant niet meegenomen.

2.3.5. Barriers

Barriers zijn in eerste instantie bedoeld om voertuigen te geleiden (type geleiderail). Deze voorzieningen hebben echter ook een akoestisch effect; ze worden over vrij lange weglengte geplaatst en er komen nauwelijks of geen spleten in voor. Barriers kunnen derhalve als een 'scherm' worden gezien. De in de huidige uitvoeringspraktijk veel toegepaste barriers zijn voorzien van een glad hard oppervlak en er zal dan ook sprake zijn van reflectie. Dit is ook nog enigszins afhankelijk van het type barrier.

De barriers zijn echter lager dan 2 meter en volgens het Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaai 2002, hoeft dan geen rekening te worden met dit effect. Niettemin wordt over het algemeen door ons geadviseerd om deze barriers als reflecterende scherpe schermen in het rekenmodel in te voeren. In dit onderzoek behoren barriers echter niet tot de standaard situaties die onderzocht worden. Daarom worden barriers in dit onderzoek niet meegenomen.

3. UITGANGSPUNTEN BEREKENINGEN

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de uitgangspunten die gehanteerd zijn voor de berekeningen. Het gaat hierbij om algemene uitgangspunten zoals hoogte en ligging van de grondwallen, maar ook akoestisch specifieke uitgangspunten als de toegepaste rekenmethode en de gehanteerde rekenwaarden. Zoals in de inleiding reeds is aangegeven worden de effecten van een grondwal naast een Rijksweg in beeld gebracht door uit te gaan van vijf standaard wegprofielen (referentiesituaties) die Rijkswaterstaat hanteert voor nieuwe wegontwerpen. Per referentiesituatie worden grondwallen met vier verschillende hoogtes gemodelleerd. Om een goed beeld te krijgen van de effecten van een grondwal is tevens per referentiesituatie de situatie zonder grondwal gemodelleerd. In totaal zijn er 25 rekenmodellen opgesteld.

3.1. Rekenmethode

Voor dit onderzoek is gebruikt gemaakt van het wettelijk kader. De berekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van Standaard rekenmethode II voor wegverkeerslawaaï uit het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006. Het gebruikte rekenprogramma is Geonoise versie 5.41.

3.2. Grondwal

3.2.1. Afstand

De eisen die aan grondwallen worden gesteld zijn vastgelegd in de 'Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen' (GCW-2007). Voor het bepalen van het effect van een afschermdende voorziening is met name de plaats van het hoogste punt van de grondwal in het dwarsprofiel belangrijk. Deze plaats is onder andere afhankelijk van het al dan niet toepassen van een geleiderailconstructie. In onderstaande tabel zijn voor verschillende situaties de afstanden weergegeven. Deze zijn ontleend aan de CROW-publicatie 'veilige inrichting van bermen' uit 1999.

tabel 3.1. Type geleiderail afhankelijk van aanwezigheid van obstakel(s) binnen een bepaalde afstand tot de kantstreep

type geleiderail	afstand obstakel tot kantstreep
geen	13,00 of meer
flexibel	5.75 – 13.00
middel-stijf	5.05 – 5.75
stijf	4.85 – 5.05
barrier	4.00 – 4.85
½ stepbarrier	kleiner dan 4.00 meter

Uit tabel 3.1 kan worden geconcludeerd dat indien obstakels (zoals bijvoorbeeld grondwallen) op zeer korte afstand van de kant van de verharding worden geplaatst er een barrier van het type ½ stepbarrier of barrier moet worden geplaatst. Voor dit onderzoek is uitgegaan van een afstand van 4 meter tot de kantstreep van de weg, aangezien het effect van grondwallen op korte afstand van de weg het beste is. Er is gekozen voor 4 meter zodat er tevens nog schuifruimte overblijft voor de grondwal bij het ontwerp.

3.2.2. Hoogte

In dit onderzoek zijn vier verschillende hoogtes van grondwallen aangehouden om op die manier de invloed van een grondwal op de geluidsbelasting in beeld te kunnen brengen. Om een goed beeld te krijgen is ook de situatie zonder grondwal in beeld gebracht. De verschillende hoogtes zijn overlegd met Grondbank GMG en zijn 6, 8, 10 en 15 meter.

3.2.3. Steilheid

Hoe steiler een grondwal loopt, hoe beter de geluidsafscherming zal zijn omdat dan het hoogste punt van de grondwal dichterbij de weg gelegen is en de omweg daarmee langer wordt. Het moge duidelijk

zijn dat er grenzen zitten aan de steilheid van een grondwal. Grondbank GMG heeft aangegeven dat uitgaan moet worden van een steilheid van 1:1,5. Dit houdt in dat bij een hoogte van bijvoorbeeld 10 meter de grondwal in totaal 30 meter breed zal zijn (10*1,5 maal 2).

3.3. Algemene uitgangspunten rekenmodel

Voor de berekening van de geluidsbelastingen zijn naast de weggeometrie ook de volgende uitgangspunten relevant:

- maatgevende verkeersintensiteit per etmaalperiode;
- verkeersverdeling over de voertuigcategorieën (lichte motorvoertuigen (lv), middelzware motorvoertuigen (mzv) en zware motorvoertuigen (zv);
- representatieve rijsnelheden;
- type wegdekverharding;
- verdeling van de voertuigen over de rijlijnen (modelmatig);
- situering representatieve beoordelingsafstanden en beoordelingshoogten;
- bodemgebied tussen scherm en beoordelingspunten.

Een aantal parameters (de etmaalintensiteiten en de verdeling over de verschillende etmaalperioden en voertuigcategorieën) kan in de praktijk binnen bepaalde marges variëren. In overleg met Grondbank GMG zijn hiervoor dezelfde parameters gehanteerd als in het project 'IPG4.3 schermpositie', waarin de effecten van verschillende schermen langs snelwegen bepaald zijn. Binnen dit onderzoek heeft overleg met Rijkswaterstaat plaatsgevonden over de te hanteren parameters. Deze zijn in paragraaf 3.4 opgenomen.

De representatieve rijsnelheden waarmee wordt gerekend zijn gebaseerd op de wettelijke begrenzingsen die meestal gelden op wegvakken met een hoge verkeersintensiteit. In een dergelijke situatie is er vaak ook sprake van een hoge geluidbelasting en luchtemissie. Steeds vaker worden dan snelheidsbeperkingen ingesteld.

In tabel 3.2 zijn de algemene uitgangspunten opgenomen.

tabel 3.2. Algemene uitgangspunten met betrekking tot de referentiesituaties

parameter	uitgangspunt	opmerkingen
Wegdektype	Dicht asfalt beton	Dit betreft het referentiewegdek.
Weghoogte ten opzichte van lokaal maaiveld	0 meter	
Hoogte grondwal ten opzichte van bovenkant weg	6,0/8,0/10,0/15,0 meter	
Afstand beoordelingspunten ten opzichte van de wegas	25/50/100/200/400/600 meter	In het rekenmodel is een verticaal grid opgenomen waarbij om de 10 meter een rekenpunt wordt gelegd. Tussen deze rekenpunten worden de geluidsbelastingen geïnterpoleerd. In de figuren zijn de afstanden, zoals aangegeven in de vorige kolom, vermeld.
Beoordelingshoogten ten opzichte van lokaal maaiveld	0-30,0 meter ten opzichte van het lokale maaiveld	In het verticale grid zijn in de hoogte om de 2,0 meter rekenpunten gelegd. Tussen deze rekenpunten worden de geluidsbelastingen geïnterpoleerd. In de figuren is om de 5 meter de hoogte vermeld.
Bodemgebied tussen scherm en ontvanger	geluidsabsorberend	Bodemfactor B=0.9 (zachte bodem)

3.4. Wegprofielen referentiesituaties

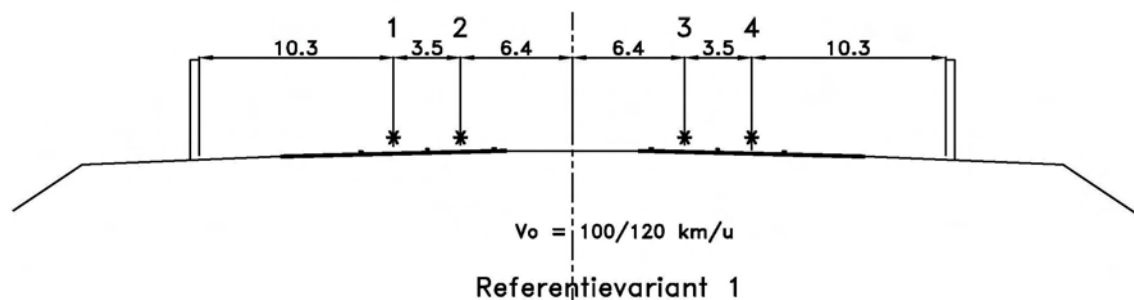
In deze paragraaf worden de standaard referentiesituaties vermeld. Deze zijn in het model verwerkt volgens de Handleiding akoestisch onderzoek wegverkeer van Rijkswaterstaat, versie 2007. Hierin is

vermeld hoe de rijlijnen van de verschillende situaties gemodelleerd moeten worden. Dit houdt in dat niet elke rijlijn gemodelleerd wordt, maar er vaak uitgegaan wordt van een gemiddelde situatie. Per rijlijn is ook de verdeling van het verkeer naar licht, middelzwaar en zwaar vermeld. Vrachtwagens rijden immers voornamelijk op de meest rechter rijstrook. Dit is van belang voor de geluidsbelasting aangezien bronnen die dicht bij een grondwal gelegen zijn beter worden afgeschermd.

3.4.1. Standaard 2x2 autosnelweg

In afbeelding 3.3 is het wegprofiel geschematiseerd weergegeven.

afbeelding 3.3. Wegconfiguratie referentiesituatie 2x2 autosnelweg



Het aangegeven wegprofiel is geschikt voor de wettelijk toelaatbare rijsnelheid van 120 kilometer per uur. In deze studie wordt uitgegaan van een maximale representatieve rijsnelheid van 100 kilometer per uur voor de lichte motorvoertuigcategorie en maximaal 80 kilometer per uur voor de middelzware en zware motorvoertuigcategorie. In tabel 3.4. zijn voor referentiesituatie 1 de gehanteerde uitgangspunten opgenomen.

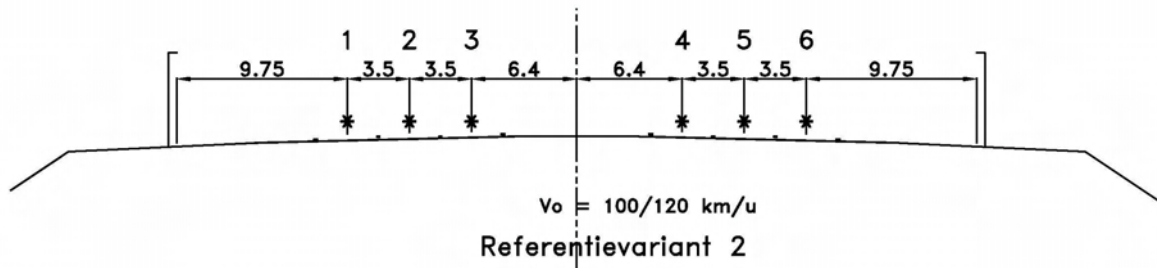
tabel 3.4. Verkeersgegevens referentiesituatie 1 (totale etmaalintensiteit ca. 50.000 mvt/etmaal)

rijlijnen	intensiteit (aantal/etmaal)	intensiteiten (aantal/uur) dagperiode			intensiteiten (aantal/uur) avondperiode			intensiteiten (aantal/uur) nachtperiode			snelheid (km/uur)		
		Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv
rijlijn 1	12176	540	60	90	396	44	66	136,5	29,25	68,25	100	80	80
rijlijn 2	12824	810	0	0	594	0	0	91	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 3	12824	810	0	0	594	0	0	91	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 4	12176	540	60	90	396	44	66	136,5	29,25	68,25	100	80	80

3.4.2. Standaard 2x3 autosnelweg

In afbeelding 3.5 is het wegprofiel geschematiseerd weergegeven.

afbeelding 3.5. Wegconfiguratie referentiesituatie 2x3 autosnelweg



Het aangegeven wegprofiel is geschikt voor de wettelijk toelaatbare rijsnelheid van 120 kilometer per uur. In deze studie wordt uitgegaan van een maximale representatieve rijsnelheid van 100 kilometer per uur voor de lichte motorvoertuigcategorie en maximaal 80 kilometer per uur voor de middelzware en zware motorvoertuigcategorie. In tabel 3.6 zijn voor referentiesituatie 2 de gehanteerde uitgangspunten opgenomen.

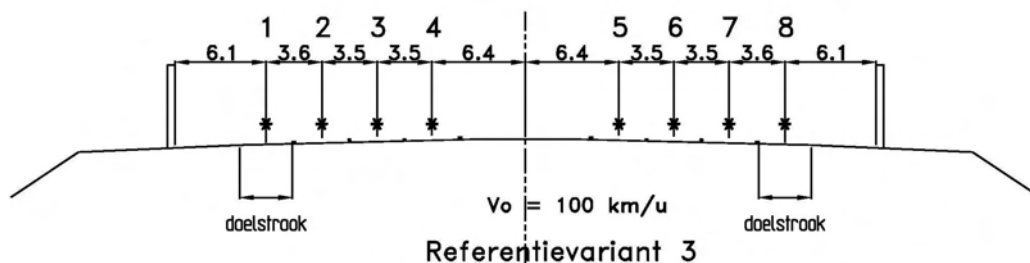
tabel 3.6. Verkeersgegevens referentiesituatie 2 (totale etmaalintensiteit ca. 100.000 mvt/etmaal)

rijlijnen	intensiteit (aan- tal/etmaal)	intensiteiten (aantal/uur) dagperiode			intensiteiten (aantal/uur) avondperiode			intensiteiten (aantal/uur) nachtperiode			snelheid (km/uur)		
		Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv
rijlijn 1	7132	0	120	180	0	88	132	136,5	58,5	136,5	nvt	80	80
rijlijn 2	21616	1350	0	0	990	0	0	182	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 3	21252	1350	0	0	990	0	0	136,5	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 4	21252	1350	0	0	990	0	0	136,5	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 5	21616	1350	0	0	990	0	0	182	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 6	7132	0	120	180	0	88	132	136,5	58,5	136,5	nvt	80	80

3.4.3. 2x3 autosnelweg met doelstrook voor vrachtwagens/bussen

In afbeelding 3.7 is het wegprofiel geschematiseerd weergegeven.

afbeelding 3.7. Wegconfiguratie referentiesituatie 2x3 autosnelweg met doelstrook voor vrachtwagens/bussen



Het aangegeven wegprofiel is geschikt voor de wettelijk toelaatbare rijsnelheid van 100 kilometer per uur. In deze studie wordt uitgegaan van een maximale representatieve rijsnelheid van 100 kilometer per uur voor de lichte motorvoertuigcategorie en maximaal 80 kilometer per uur voor de middelzware en zware motorvoertuigcategorie. In tabel 3.8 zijn voor referentiesituatie 3 de gehanteerde uitgangspunten opgenomen.

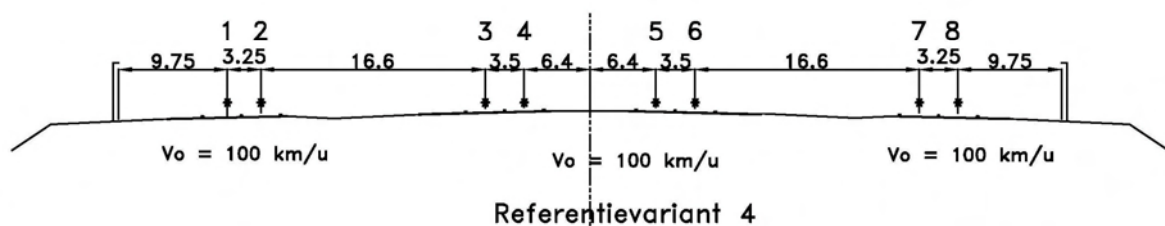
tabel 3.8. Verkeersgegevens referentiesituatie 3 (totale etmaalintensiteit ca. 100.000 mvt/etmaal)

rijlijnen	intensiteit (aan- tal/etmaal)	intensiteiten (aantal/uur) dagperiode			intensiteiten (aantal/uur) avondperiode			intensiteiten (aantal/uur) nachtperiode			snelheid (km/uur)		
		Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv
rijlijn 1: doel- groep- strook	6.040	0	120	180	0	88	132	0	58,5	136,5	nvt	80	80
rijlijn 2	15.964	945	0	0	792	0	0	182	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 3	15.964	945	0	0	792	0	0	182	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 4	12.032	810	0	0	396	0	0	91	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 5	12.032	945	0	0	792	0	0	91	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 6	15.964	945	0	0	792	0	0	182	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 7	15.964	945	0	0	792	0	0	182	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 8: doel- groep- strook	6.040	0	120	180	0	88	132	0	58,5	136,5	nvt	80	80

3.4.4. Standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbanen (4x2 rijstroken)

In afbeelding 3.9 is het wegprofiel geschematiseerd weergegeven.

afbeelding 3.9. Standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbanen (4x2 rijstroken)



Het aangegeven wegprofiel is geschikt voor de wettelijk toelaatbare rijsnelheid van 100 kilometer per uur. In deze studie wordt uitgegaan van een maximale representatieve rijsnelheid van 100 kilometer per uur voor de lichte motorvoertuigcategorie en maximaal 80 kilometer per uur voor de middelzware en zware motorvoertuigcategorie. In tabel 3.10 zijn voor referentiesituatie 4 de gehanteerde uitgangspunten opgenomen.

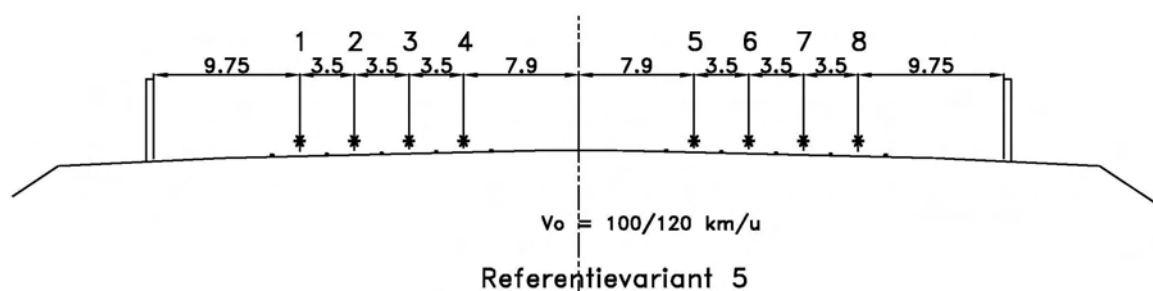
tabel 3.10. Verkeersgegevens referentiesituatie 4 (totale etmaalintensiteit 2x 50.000 = ca. 100.000 mvt/etmaal)

rijlijnen	intensiteit (aan- tal/etmaal)	intensiteiten (aantal/uur) dagperiode			intensiteiten (aantal/uur) avondperiode			intensiteiten (aantal/uur) nachtperiode			snelheid (km/uur)		
		Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv
rijlijn 1	12.176	540	60	90	396	44	66	136,5	29,25	68,25	100	80	80
rijlijn 2	12.824	810	0	0	594	0	0	91	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 3	12.176	540	60	90	396	44	66	136,5	29,25	68,25	100	80	80
rijlijn 4	12.824	810	0	0	594	0	0	91	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 5	12.642	810	0	0	594	0	0	68,25	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 6	12.176	540	60	90	396	44	66	136,5	29,25	68,25	100	80	80
rijlijn 7	12.824	810	0	0	594	0	0	91	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 8	12.176	540	60	90	396	44	66	136,5	29,25	68,25	100	80	80

3.4.5. Standaard autosnelweg met 2x4 rijstroken

In afbeelding 3.11 is het wegprofiel geschematiseerd weergegeven.

afbeelding 3.11. Standaard autosnelweg met 2x4 rijstroken



Het aangegeven wegprofiel is geschikt voor de wettelijk toelaatbare rijsnelheid van 100 kilometer per uur. In deze studie wordt uitgegaan van een maximale representatieve rijsnelheid van 100 kilometer per uur voor de lichte motorvoertuigcategorie en maximaal 80 kilometer per uur voor de middelzware en zware motorvoertuigcategorie. In tabel 3.12 zijn voor referentiesituatie 5 de gehanteerde uitgangspunten opgenomen.

tabel 3.12. Verkeersgegevens referentiesituatie 5 (totale etmaalintensiteit ca. 150.000 mvt/etmaal)

rijlijnen	intensiteit (aan- tal/etmaal)	intensiteiten (aantal/uur) dagperiode			intensiteiten (aantal/uur) avondperiode			intensiteiten (aantal/uur) nachtperiode			snelheid (km/uur)		
		Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv
rijlijn 1	16.200	405	280	270	297	132	198	136,5	87,75	204,75	100	80	80

rijlijnen	intensiteit (aan- tal/etmaal)	intensiteiten (aantal/uur) dagperiode			intensiteiten (aantal/uur) avondperiode			intensiteiten (aantal/uur) nachtperiode			snelheid (km/uur)		
		Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv	Lv	Mzv	Zv
rijlijn 2	22.806	1417,5	0	0	1039,5	0	0	204,75	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 3	23.352	1417,5	0	0	1039,5	0	0	273	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 4	12.642	810	0	0	594	0	0	68,25	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 5	12.642	810	0	0	594	0	0	68,25	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 6	23.352	1417,5	0	0	1039,5	0	0	273	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 7	22.806	1417,5	0	0	1039,5	0	0	204,75	0	0	100	nvt	nvt
rijlijn 8	16.200	405	280	270	297	132	198	136,5	87,75	204,75	100	80	80

4. REKENRESULTATEN

4.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de verwachte geluidsreducties. De verwachte geluidsreducties zijn bepaald met de Standaard Rekenmethode II en de uitgangspunten zoals beschreven in hoofdstuk 3.

Op de rekenpunten in het verticale grid is de geluidbelasting voor elke referentiesituatie berekend voor elke hoogte van de grondwal. De presentatie laat een 3D weergave van het rekenmodel zien met de resultaten op het verticale grid geprojecteerd. De berekeningen zijn voor elke referentiesituatie uitgevoerd voor een situatie zonder grondwal en situaties met grondwallen van 6, 8, 10 en 15 meter hoog. Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met de aftrek conform art. 110g Wgh. Binnen dit onderzoek gaat het namelijk om de effecten die een geluidswal op de geluidsbelasting heeft. In de volgende paragrafen staan de resultaatfiguren voor elke situatie weergegeven. De kleuren verwijzen naar de geluidsbelastingen volgens onderstaande legenda.

afbeelding 4.1. Legenda rekenresultaten

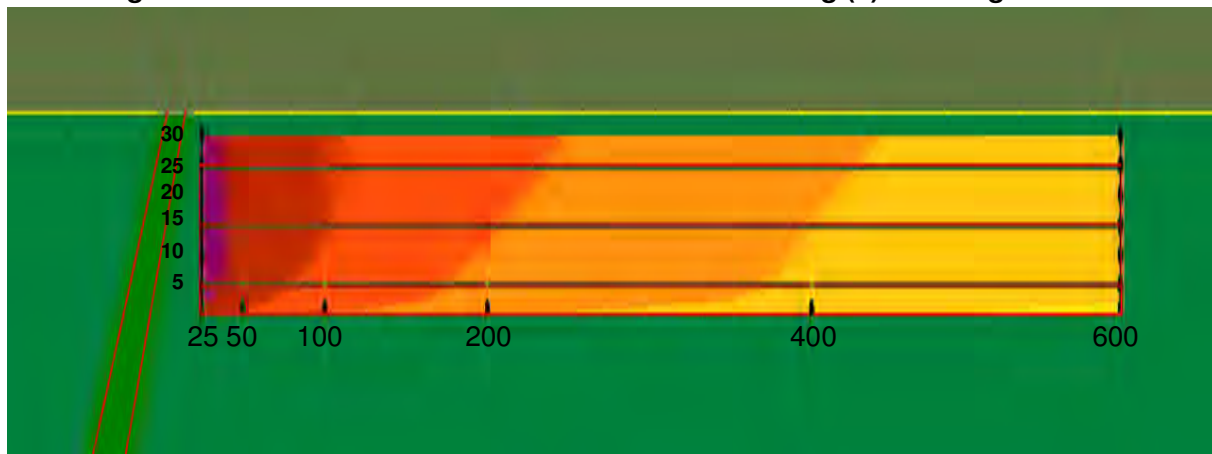
LEGENDA

	< 45,0 dB
	45,0-50,0 dB
	50,0-55,0 dB
	55,0-60,0 dB
	60,0-65,0 dB
	65,0-70,0 dB
	> 70,0 dB

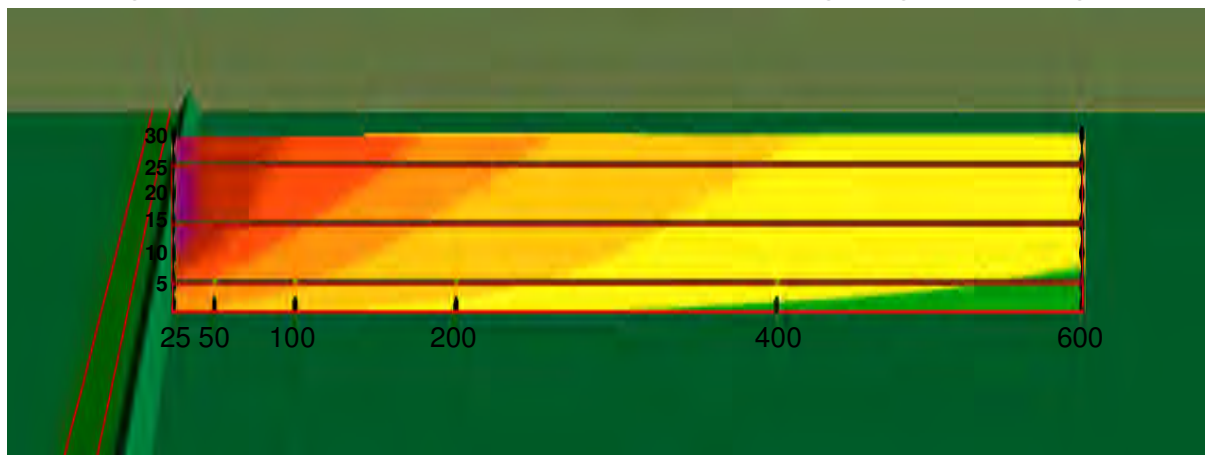
periode: L_{den}

4.2. Standaard 2x2 autosnelweg (1)

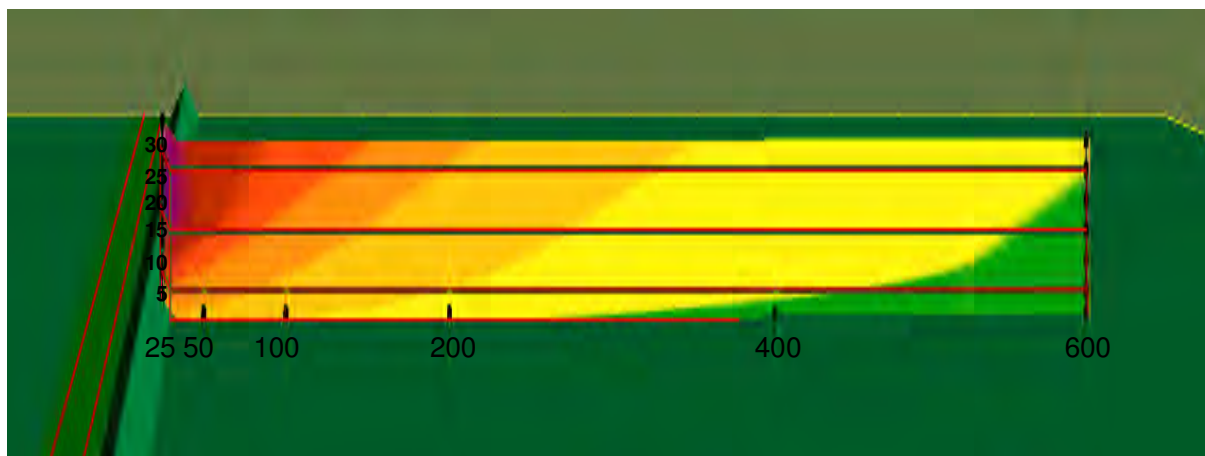
afbeelding 4.2. Verwachte effecten Standaard 2x2 autosnelweg (1) zonder grondwal



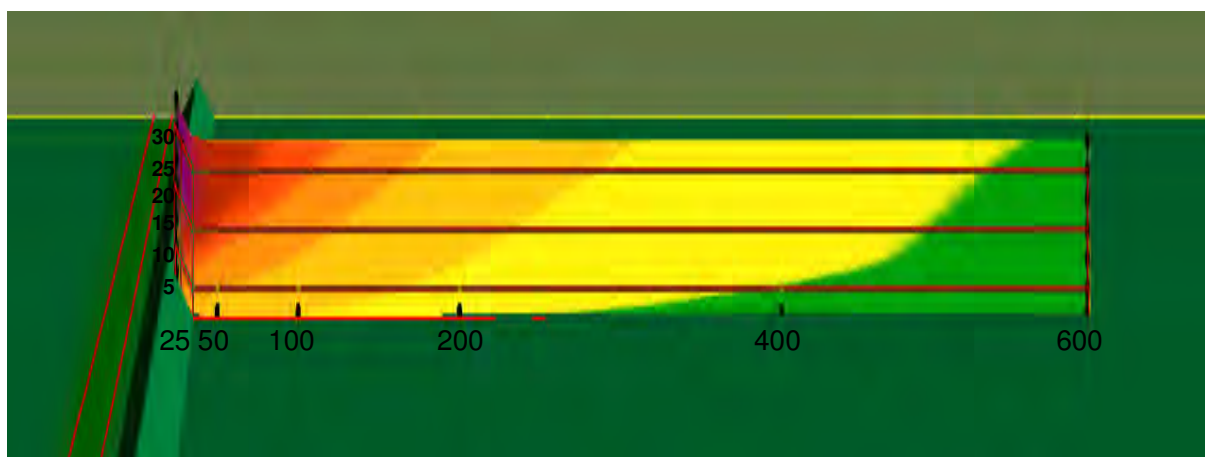
afbeelding 4.3. Verwachte effecten Standaard 2x2 autosnelweg (1), grondwalhoogte 6 meter



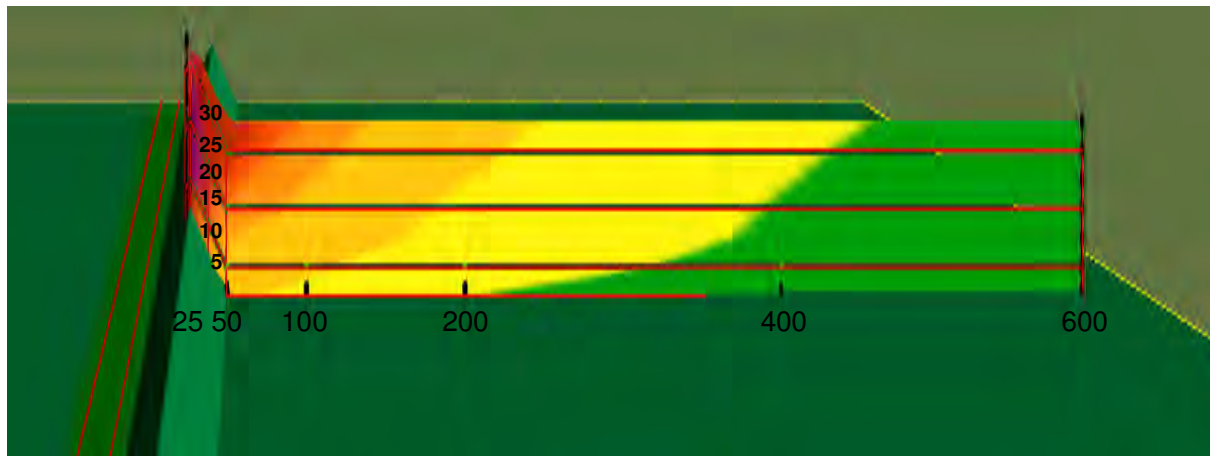
afbeelding 4.4. Verwachte effecten Standaard 2x2 autosnelweg (1), grondwalhoogte 8 meter



afbeelding 4.5. Verwachte effecten Standaard 2x2 autosnelweg (1), grondwalhoogte 10 meter



afbeelding 4.6. Verwachte effecten Standaard 2x2 autosnelweg (1), grondwalhoogte 15 meter



4.2.1. Bespreking resultaten

Uit de uitgevoerde berekeningen met grondwallen van verschillende hoogtes kunnen de volgende conclusies worden getrokken, die zijn samengevat in tabel 4.7:

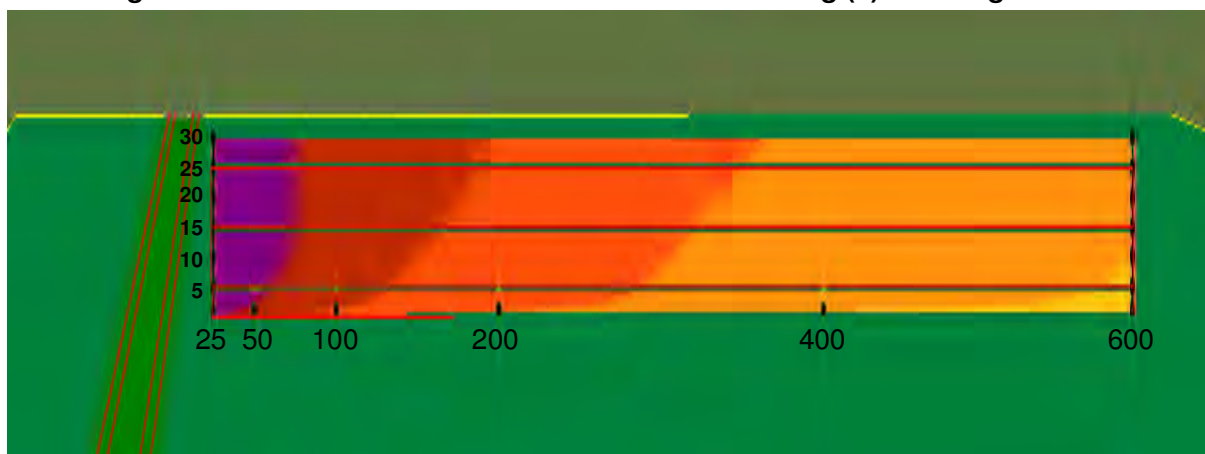
- zonder grondwal wordt de 50 dB waarde (hetgeen gelijk is aan de voorkeursgrenswaarde inclusief 2 dB aftrek ex art. 110g Wgh) binnen de hele zone van de snelweg (600 meter) overschreden. De 55 dB waarde (hetgeen gelijk is aan de maximale grenswaarde incl. 2 dB aftrek ex art. 110g Wgh) wordt, afhankelijk van de hoogte, op ca. 300 tot 450 meter overschreden. Op lagere hoogtes ligt de 55 dB waarde op 300 meter en op hogere hoogtes op 450 meter;
- in dezelfde situatie mét een grondwal van 6 meter hoog, is gelijk het verschil duidelijk: de 50 dB waarde ligt tussen de 200 en 400 meter. Op 1,5 meter hoogte en 200 meter van de snelweg ligt geluidsbelasting op ca. 50 dB en op 25 meter hoogte en 400 meter van de snelweg ook. Het realiseren van een grondwal heeft dus een aanzienlijk positief effect, vooral op de lagere ontvangerhoogtes. Op grotere hoogtes is het effect van een grondwal aanzienlijk minder. Hiermee kan rekening gehouden worden bij hoogbouw langs een snelweg. De 55 dB waarde ligt op ca. 75 tot 250 meter. Dit houdt in dat middels een grondwal van 6 meter hoog, geluidsgevoelige objecten ca. 250 meter dicht bij een snelweg gerealiseerd kunnen worden;
- bij een grondwal van 8 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 150 en 350 meter. De 55 dB waarde ligt op ca. 50 tot 200 meter. Het verschil met een grondwal van 6 meter is daarmee niet aanzienlijk maar bedraagt op 1,5 meter hoogte zo'n 25 meter voor de maximale grenswaarde van 55 dB;
- bij een grondwal van 10 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 150 en 300 meter. Opvallend is dat het verschil met een 8 meter hoge grondwal minimaal is. De 55 dB waarde ligt vanaf de voet van de grondwal tot ca. 200 meter. Hierbij is het verschil dus beter merkbaar. Dit is te verklaren door het feit dat de geluidsafscherming van een grondwal op een gegeven moment ophoudt. Verder terug in de geluidsbelasting houdt dan in dat de grondwal aanzienlijk hoger moet worden;
- bij een grondwal van 15 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 100 en 250 meter. Bij deze aanzienlijke toename van de hoogte ten opzichte van de 10 meter hoge grondwal is wel weer verandering waarneembaar. De 55 dB waarde ligt vanaf de voet van de grondwal tot ca. 150 meter.

tabel 4.7. Resultaten 2x2 autosnelweg op 1,5 meter hoogte

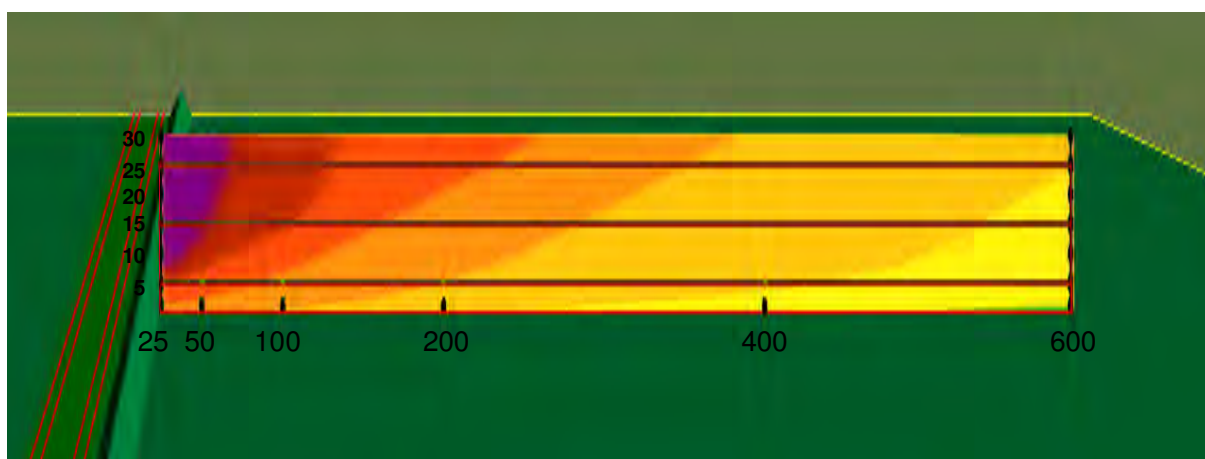
contour	afstand (in meters)				
	walhoogte = 0 m.	walhoogte = 6 m.	walhoogte = 8 m.	walhoogte = 10 m.	walhoogte = 15 m.
50 dB	600	200	150	150	100
55 dB	300	75	50	voet grondwal	voet grondwal

4.3. Standaard 2x3 autosnelweg (2)

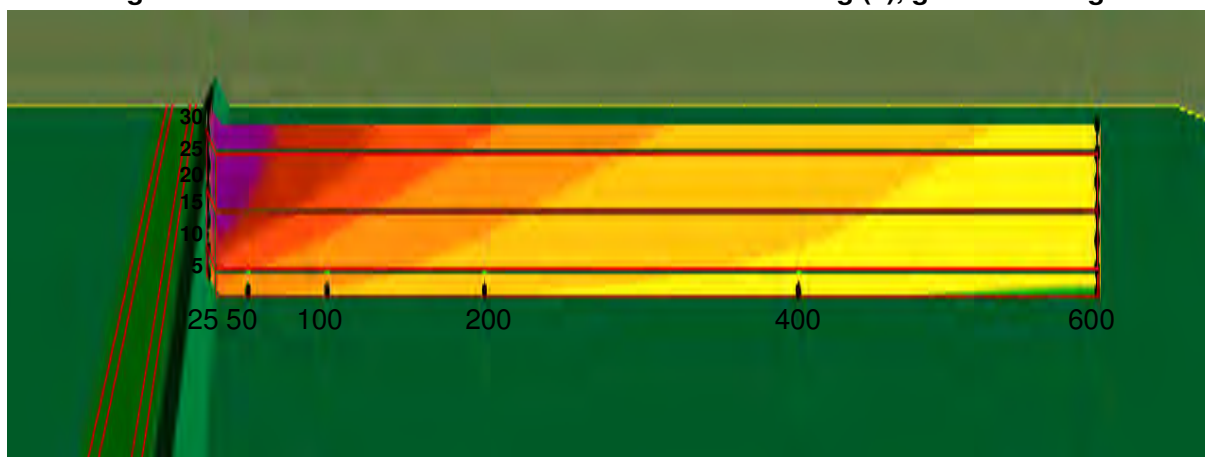
afbeelding 4.8. Verwachte effecten Standaard 2x3 autosnelweg (2) zonder grondwal



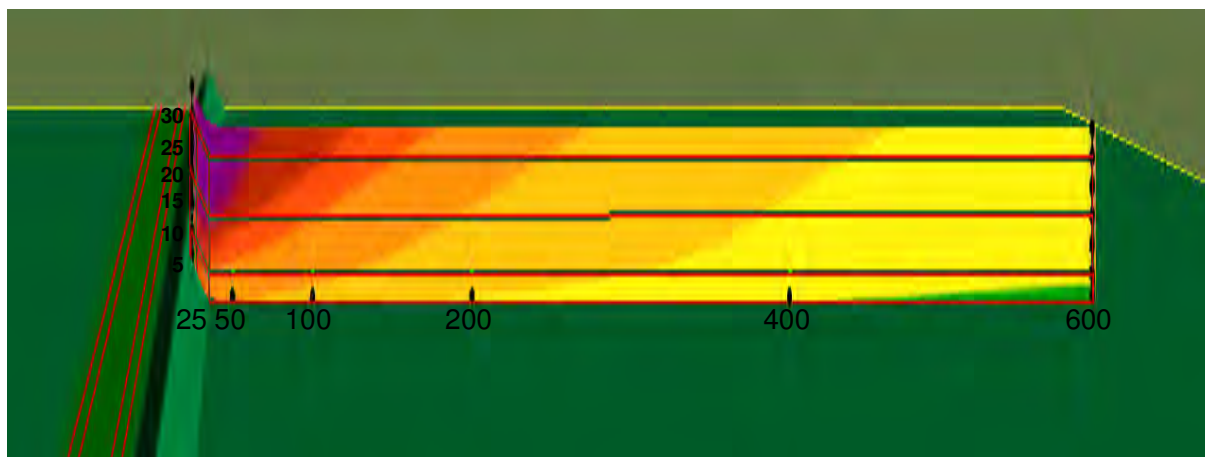
afbeelding 4.9. Verwachte effecten Standaard 2x3 autosnelweg (2), grondwalhoogte 6 meter



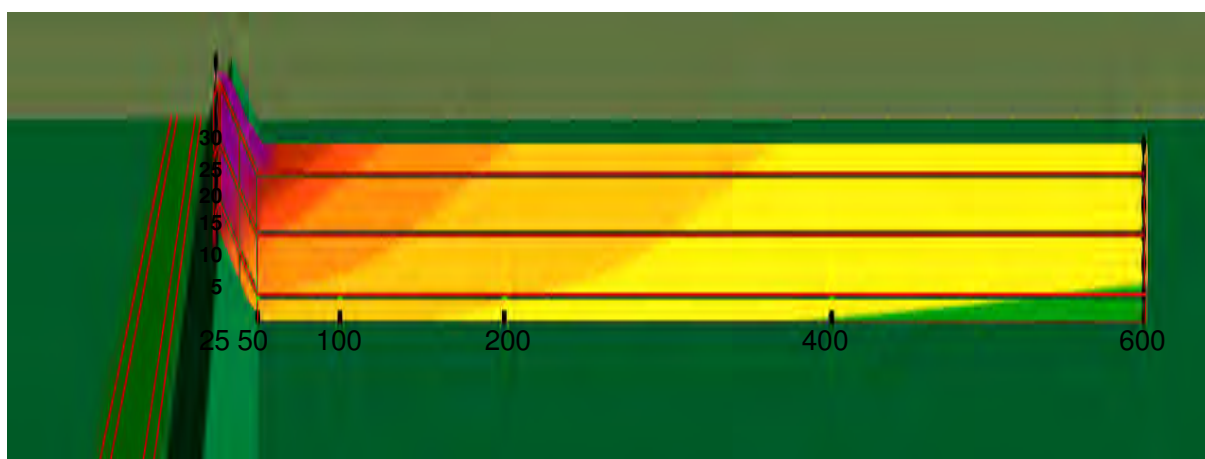
afbeelding 4.10. Verwachte effecten Standaard 2x3 autosnelweg (2), grondwalhoogte 8 meter



afbeelding 4.11. Verwachte effecten Standaard 2x3 autosnelweg (2), grondwalhoogte 10 meter



afbeelding 4.12. Verwachte effecten Standaard 2x3 autosnelweg (2), grondwalhoogte 15 meter



4.3.1. Bespreking resultaten

Uit de uitgevoerde berekeningen met grondwallen van verschillende hoogtes kunnen de volgende conclusies worden getrokken, die zijn samengevat in tabel 4.13:

- zonder grondwal wordt de 50 dB waarde (hetgeen gelijk is aan de voorkeursgrenswaarde inclusief 2 dB aftrek ex art. 110g Wgh) binnen de hele zone van de snelweg (600 meter) overschreden. De 55 dB waarde (hetgeen gelijk is aan de maximale grenswaarde incl. 2 dB aftrek ex art. 110g Wgh) wordt, afhankelijk van de hoogte, op ca. 500 meter tot de zone van de snelweg overschreden. Op lagere hoogtes ligt de 55 dB waarde op 500 meter en op hogere hoogtes op meer dan de zone van de snelweg;
- in dezelfde situatie mét een grondwal van 6 meter hoog, is er een duidelijk verschil: de 50 dB waarde ligt tussen de 350 meter en de zone van de snelweg. Op 1,5 meter hoogte en 350 meter van de snelweg ligt geluidsbelasting op ca. 50 dB. Op 25 meter en hoger en 600 meter van de snelweg ook. Het realiseren van een grondwal van 6 meter hoogte bij deze snelwegvariant heeft een beperkt effect. De 55 dB waarde ligt op ca. 150 tot 400 meter. Dit houdt in dat middels een grondwal van 6 meter hoog, geluidsgevoelige objecten minimaal ca. 200 meter dichter bij een snelweg gerealiseerd kunnen worden dan bij een situatie zonder grondwal;
- bij een grondwal van 8 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 300 en 500 meter. De 55 dB waarde ligt op ca. 150 tot 300 meter. Het verschil met een grondwal van 6 meter is daarmee redelijk te noemen, zeker vergeleken met de 2x2 snelwegvariant. Het verschil met een grondwal van 6 meter bedraagt op 1,5 meter hoogte zo'n 100 meter voor de maximale grenswaarde van 55 dB;

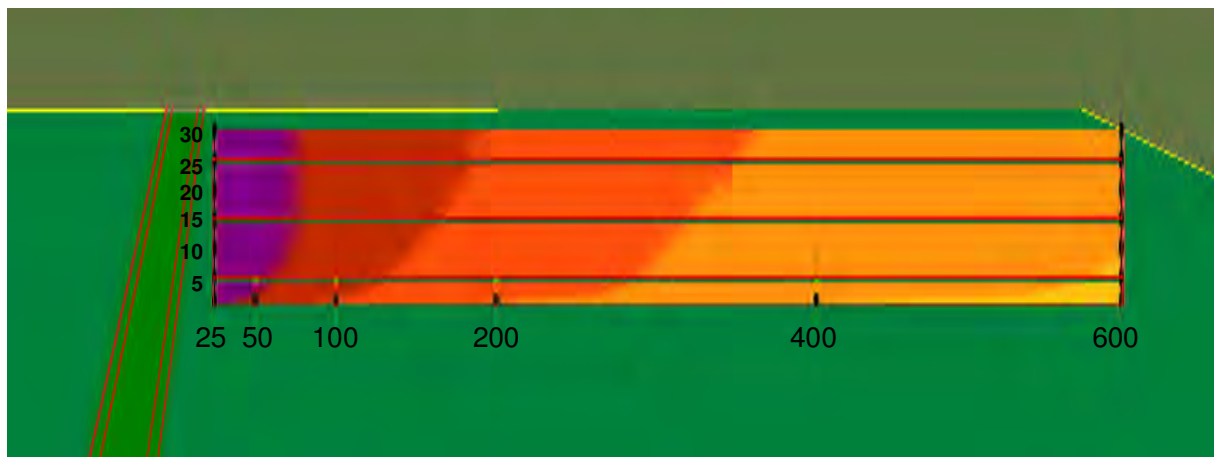
- bij een grondwal van 10 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 250 en 450 meter. Het verschil met een grondwal van 8 meter hoog is daarmee vrij klein. De 55 dB waarde ligt vanaf 75 tot ca. 250 meter. Hierbij is het verschil op lagere hoogtes beter merkbaar. Dit is te verklaren door het feit dat de geluidsafscherming van een grondwal op een gegeven moment ophoudt. Verder terug in de geluidsbelasting houdt dan in dat de grondwal aanzienlijk hoger moet worden;
- bij een grondwal van 15 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 200 en 350 meter. Bij deze aanzienlijke toename van de hoogte ten opzichte van de 10 meter hoge grondwal is wel weer verandering waarneembaar. De 55 dB waarde ligt vanaf de voet van de grondwal tot ca. 200 meter.

tabel 4.13. Resultaten 2x3 autosnelweg op 1,5 meter hoogte

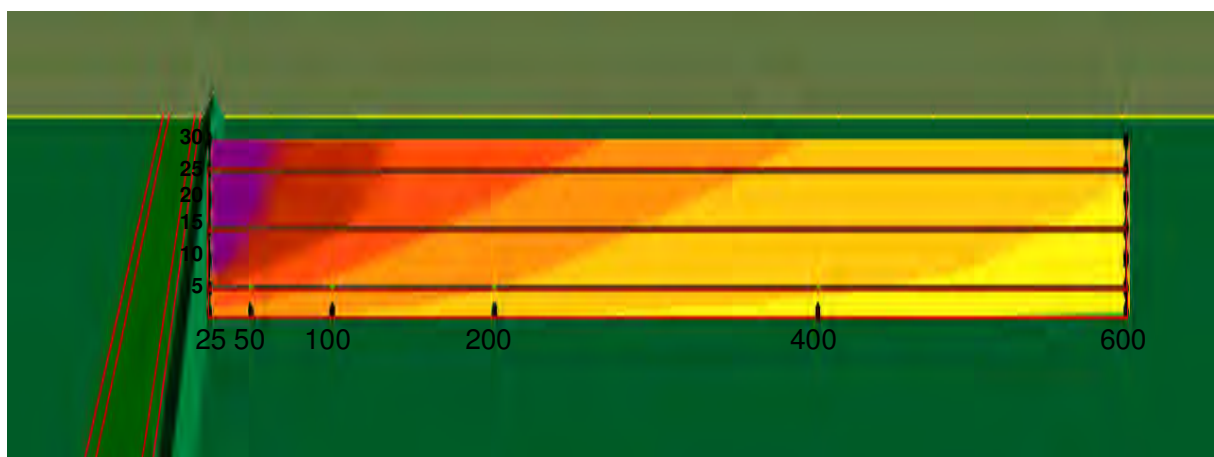
contour	afstand (in meters)				
	walhoogte = 0 m.	walhoogte = 6 m.	walhoogte = 8 m.	walhoogte = 10 m.	walhoogte = 15 m.
50 dB	600	350	300	250	200
55 dB	500	150	150	75	voet grondwal

4.4. 2x3 autosnelweg met doelstrook voor vrachtwagens/bussen (3)

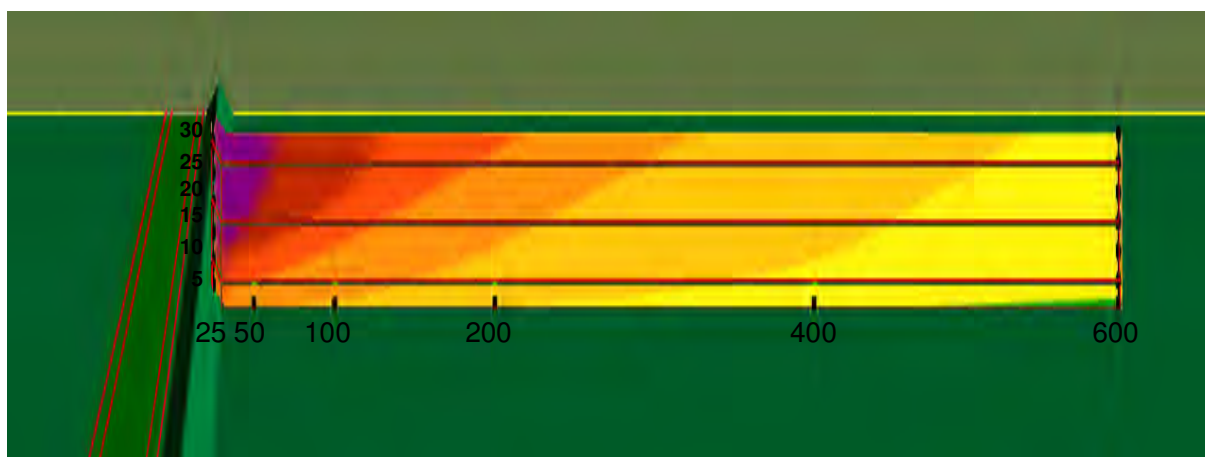
afbeelding 4.14. Verwachte effecten 2x3 autosnelweg met doelstrook (3) zonder grondwal



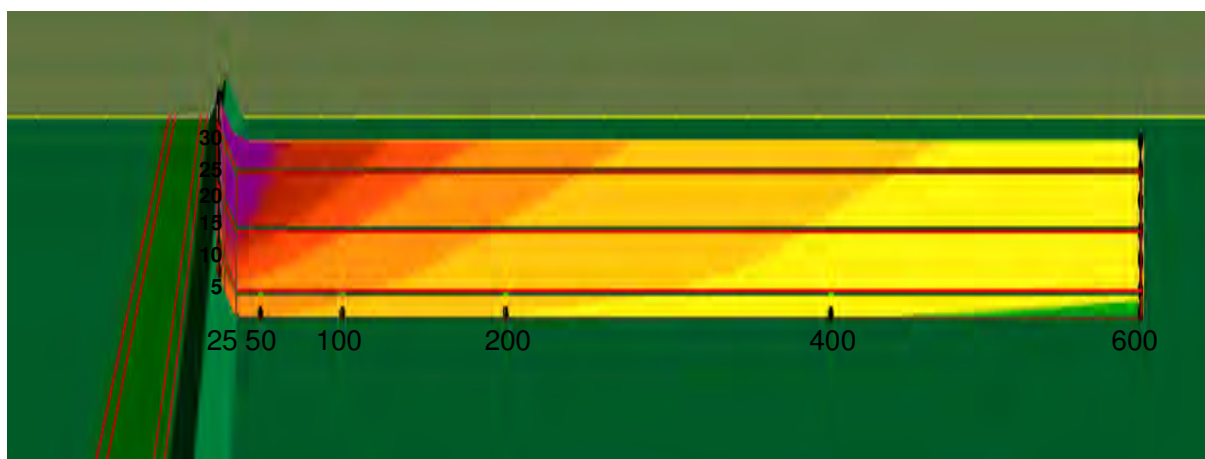
afbeelding 4.15. Verwachte effecten 2x3 autosnelweg met doelstrook (3) grondwalhoogte 6 meter



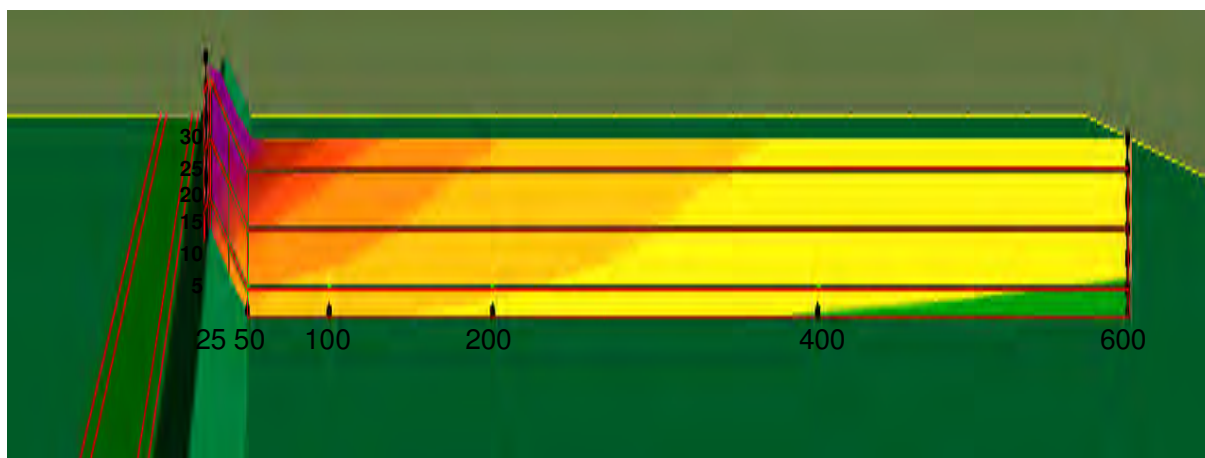
afbeelding 4.16. Verwachte effecten 2x3 autosnelweg met doelstrook (3) grondwalhoogte 8 meter



afbeelding 4.17. Verwachte effecten 2x3 autosnelweg met doelstrook (3) grondwalhoogte 10 meter



afbeelding 4.18. Verwachte effecten 2x3 autosnelweg met doelstrook (3) grondwalhoogte 15 meter



4.4.1. Bespreking resultaten

Uit de uitgevoerde berekeningen met grondwallen van verschillende hoogtes kunnen de volgende conclusies worden getrokken, die zijn samengevat in tabel 4.19, waarbij opgemerkt wordt dat het verschil met de 2x3 variant minimaal is:

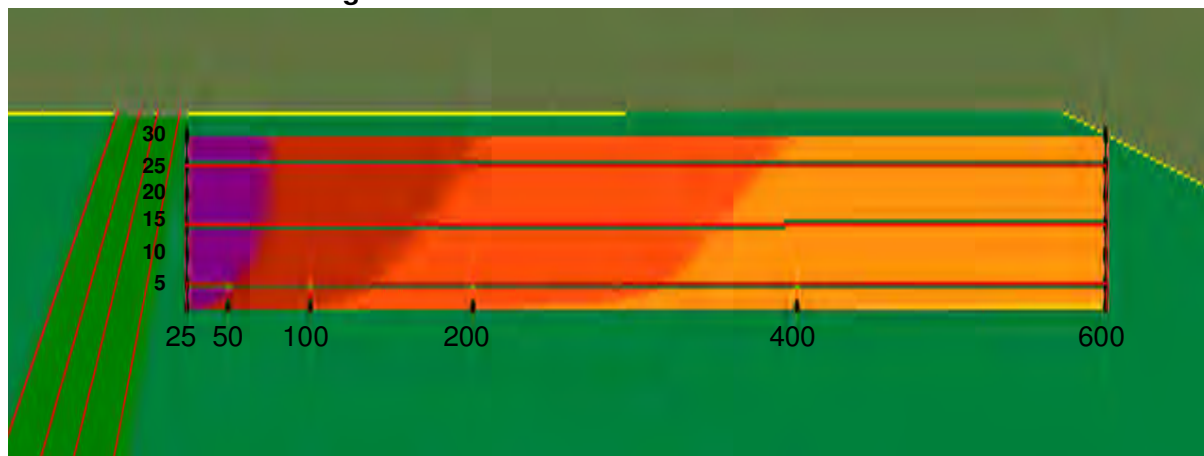
- zonder grondwal wordt de 50 dB waarde (hetgeen gelijk is aan de voorkeursgrenswaarde inclusief 2 dB aftrek ex art. 110g Wgh) binnen de hele zone van de snelweg (600 meter) overschreden. De 55 dB waarde (hetgeen gelijk is aan de maximale grenswaarde incl. 2 dB aftrek ex art. 110g Wgh) wordt, afhankelijk van de hoogte, op ca. 500 meter tot de zone van de snelweg overschreden. Op lagere hoogtes ligt de 55 dB waarde op 500 meter en op hogere hoogtes op meer dan de zone van de snelweg;
- in dezelfde situatie mét een grondwal van 6 meter hoog, is er een duidelijk verschil: de 50 dB waarde ligt tussen de 400 meter en de zone van de snelweg. Op 1,5 meter hoogte en 400 meter van de snelweg ligt geluidsbelasting op ca. 50 dB. Op 25 meter en hoger en 600 meter van de snelweg ook. Het realiseren van een grondwal van 6 meter hoogte bij deze snelwegvariant heeft een vergelijkbaar effect als bij de snelwegvariant van 2x3 rijstroken. De 55 dB waarde ligt op ca. 150 tot 400 meter. Dit houdt in dat middels een grondwal van 6 meter hoog, geluidsgevoelige objecten minimaal ca. 200 meter dicht bij een snelweg gerealiseerd kunnen worden dan bij een situatie zonder grondwal;
- bij een grondwal van 8 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 300 en 500 meter. De 55 dB waarde ligt op ca. 150 tot 300 meter. Het verschil met een grondwal van 6 meter is daarmee redelijk te noemen, zeker vergeleken met de 2x2 snelwegvariant. Het verschil met een grondwal van 6 meter bedraagt op 1,5 meter hoogte zo'n 100 meter voor de maximale grenswaarde van 55 dB;
- bij een grondwal van 10 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 250 en 450 meter. Het verschil met een grondwal van 8 meter hoog is daarmee vrij klein. De 55 dB waarde ligt vanaf 75 tot ca. 250 meter. Hierbij is het verschil op lagere hoogtes beter merkbaar. Dit is te verklaren door het feit dat de geluidsafscherming van een grondwal op een gegeven moment ophoudt. Verder terug in de geluidsbelasting houdt dan in dat de grondwal aanzienlijk hoger moet worden;
- bij een grondwal van 15 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 200 en 350 meter. Bij deze aanzienlijke toename van de hoogte ten opzichte van de 10 meter hoge grondwal is wel weer verandering waarneembaar. De 55 dB waarde ligt vanaf de voet van de grondwal tot ca. 200 meter.

tabel 4.19. Resultaten 2x3 autosnelweg met doelstrook op 1,5 meter hoogte

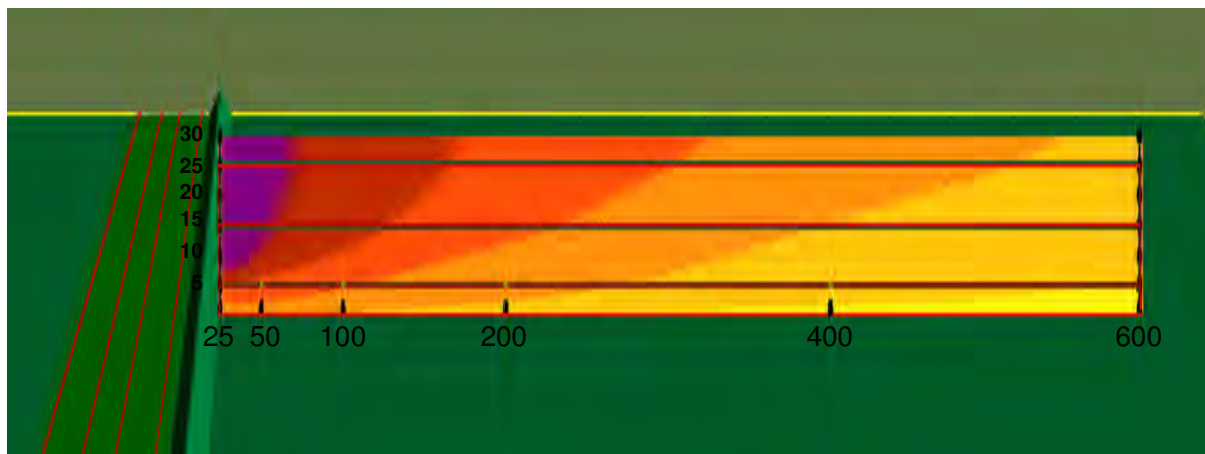
contour	afstand (in meters)				
	walhoogte = 0 m.	walhoogte = 6 m.	walhoogte = 8 m.	walhoogte = 10 m.	walhoogte = 15 m.
50 dB	600	400	300	250	200
55 dB	500	150	150	75	voet grondwal

4.5. Standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbanen (4)

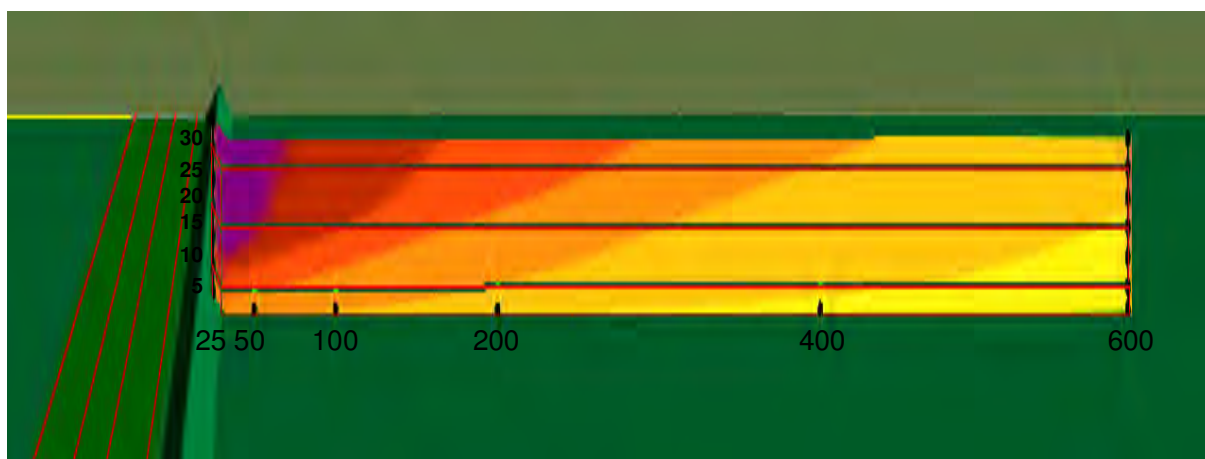
afbeelding 4.20. Verwachte effecten Standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbaan (4) zonder grondwal



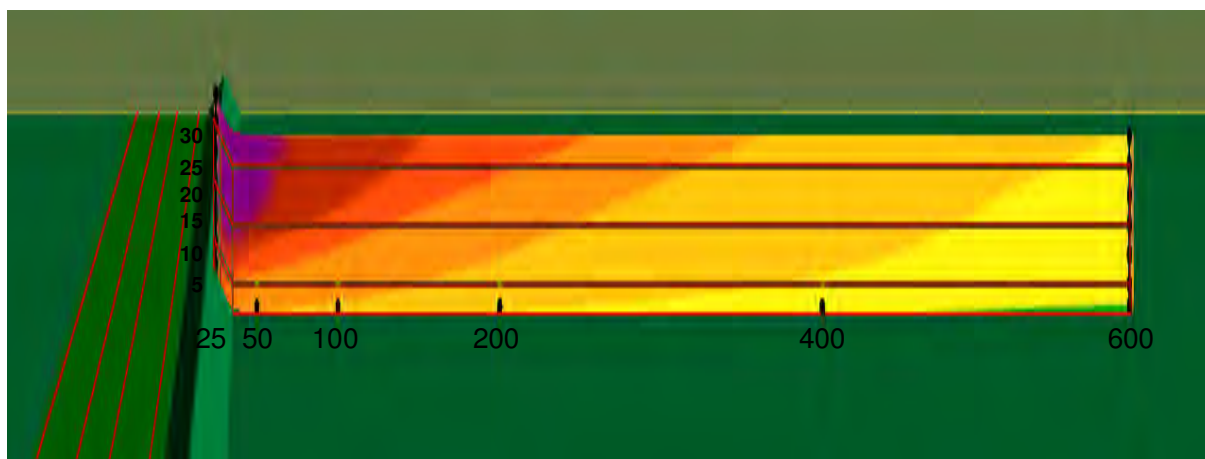
afbeelding 4.21. Verwachte effecten Standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbaan (4), grondwalhoogte 6 meter



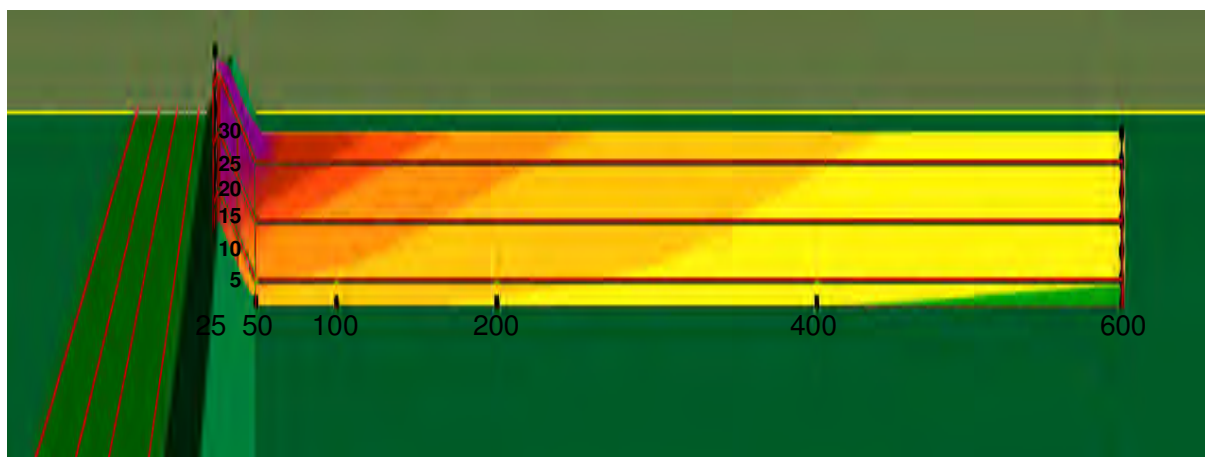
afbeelding 4.22. Verwachte effecten Standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbaan (4), grondwalhoogte 8 meter



afbeelding 4.23. Verwachte effecten Standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbaan (4), grondwalhoogte 10 meter



afbeelding 4.24. Verwachte effecten Standaard autosnelweg met hoofd- en parallelbaan (4), grondwalhoogte 15 meter



4.5.1. Bespreking resultaten

Uit de uitgevoerde berekeningen met grondwallen van verschillende hoogtes kunnen de volgende conclusies worden getrokken, die zijn samengevat in tabel 4.25.:

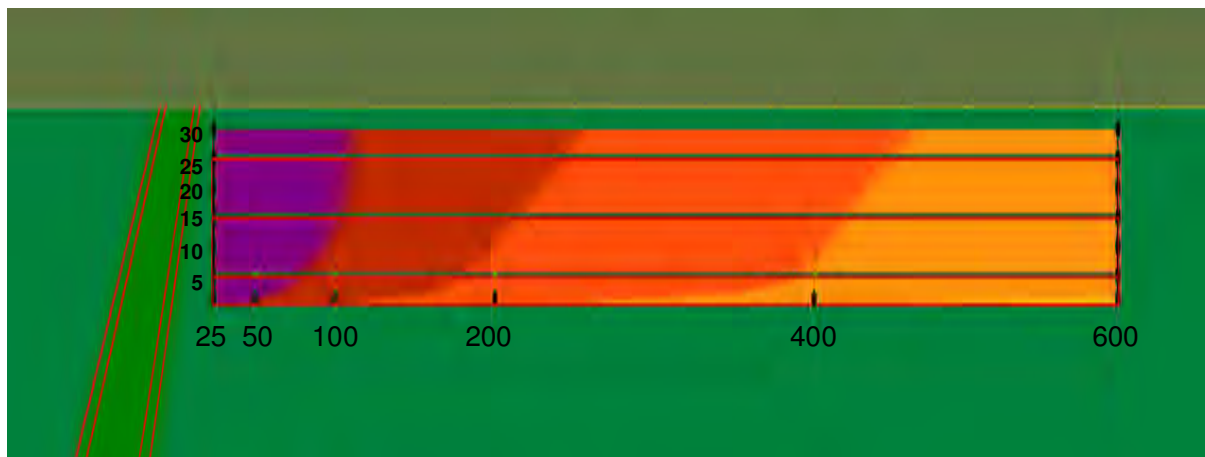
- zonder grondwal wordt zowel de 50 als 55 dB waarde (hetgeen gelijk is aan de voorkeursgrenswaarde respectievelijk de maximale grenswaarde inclusief 2 dB aftrek ex art. 110g Wgh) binnen de hele zone van de snelweg (600 meter) overschreden. Bij deze snelwegvariant is het realiseren van geluidsgevoelige objecten binnen de zone van de snelweg niet zonder maatregelen mogelijk;
- in dezelfde situatie mét een grondwal van 6 meter hoog, is er een duidelijk verschil: de 50 dB waarde ligt tussen de 400 meter en de zone van de snelweg. Op 1,5 meter hoogte en 400 meter van de snelweg ligt de geluidsbelasting op ca. 50 dB. Op 5 meter en hoger en 600 meter van de snelweg ook. Het realiseren van een grondwal van 6 meter hoogte bij deze snelwegvariant heeft een redelijk effect. De 55 dB waarde ligt op ca. 200 tot 500 meter. Dit houdt in dat middels een grondwal van 6 meter hoog, geluidsgevoelige objecten met twee bouwlagen ca. 300 meter dicht bij een snelweg gerealiseerd kunnen worden dan bij een situatie zonder grondwal;
- bij een grondwal van 8 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 350 meter en de zone van de snelweg. De 55 dB waarde ligt op ca. 150 tot 450 meter. Het verschil met een grondwal van 6 meter is daarmee minimaal. Het verschil met een grondwal van 6 meter bedraagt op 1,5 meter hoogte zo'n 50 meter voor de maximale grenswaarde van 55 dB;
- bij een grondwal van 10 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 300 en 600 meter. Het verschil met een grondwal van 8 meter hoog is daarmee vrij klein. De 55 dB waarde ligt vanaf 100 tot ca. 350 meter. Ook deze grondwal hoogte is het verschil met de vorige hoogte beperkt;
- Pas bij een grondwal van 15 meter hoog is het verschil merkbaar ten opzichte van de andere grondwalhoogten. De 50 dB waarde ligt tussen de 200 en 450 meter. De 55 dB waarde ligt vanaf de voet van de grondwal tot ca. 250 meter.

tabel 4.25. Resultaten autosnelweg met hoofd- en parallelbaan op 1,5 meter hoogte

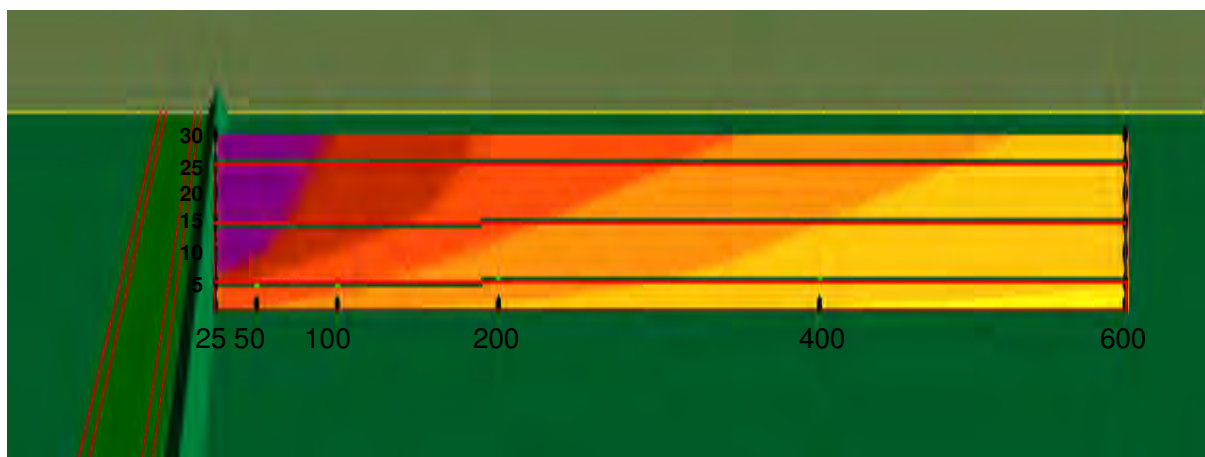
contour	afstand (in meters)				
	walhoogte = 0 m.	walhoogte = 6 m.	walhoogte = 8 m.	walhoogte = 10 m.	walhoogte = 15 m.
50 dB	600	400	350	300	200
55 dB	600	200	150	100	voet grondwal

4.6. Standaard autosnelweg met 2x4 rijstroken (5)

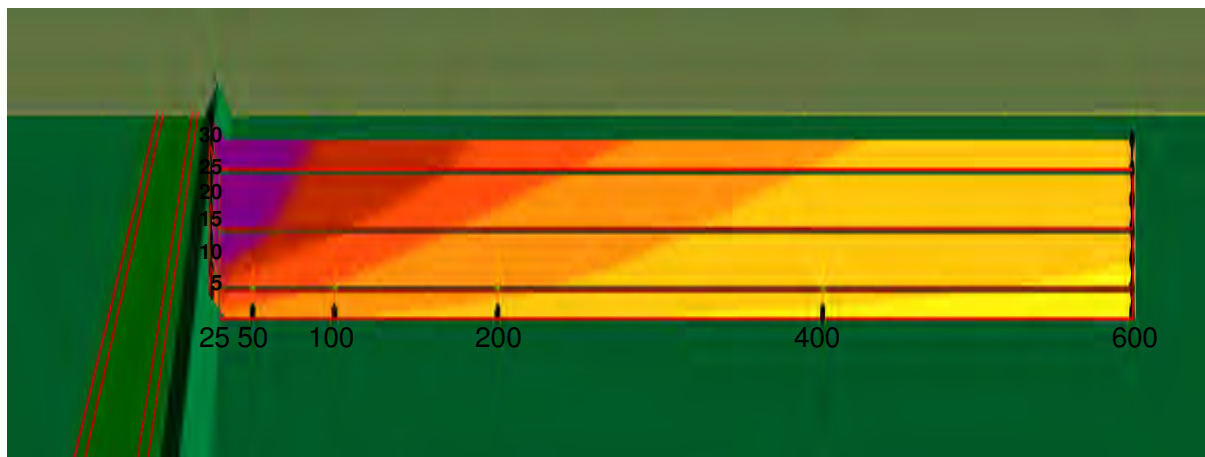
afbeelding 4.26. Verwachte effecten Standaard autosnelweg met 2x4 rijstroken (5) zonder grondwal



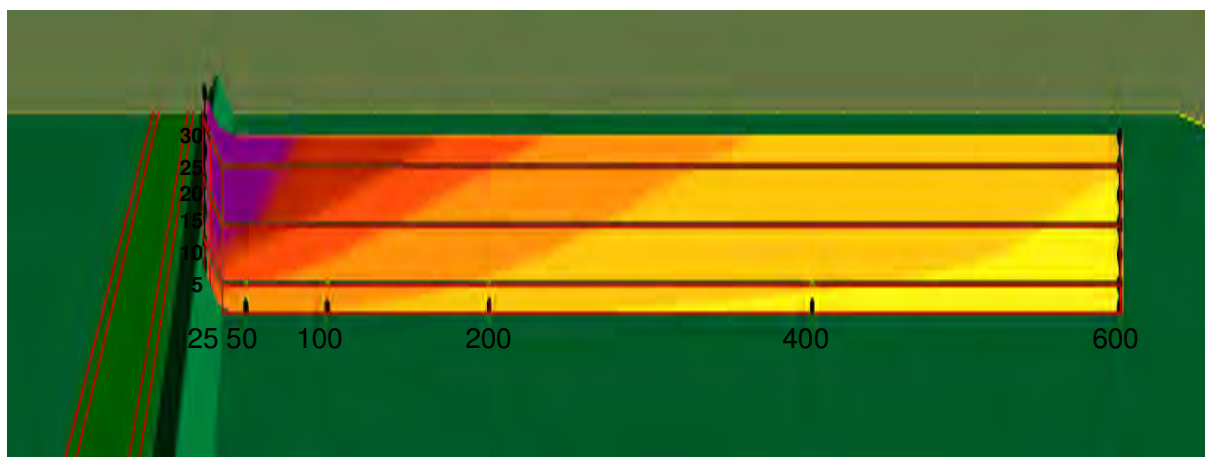
afbeelding 4.27. Verwachte effecten Standaard autosnelweg met 2x4 rijstroken (5), grondwalhoogte 6 meter



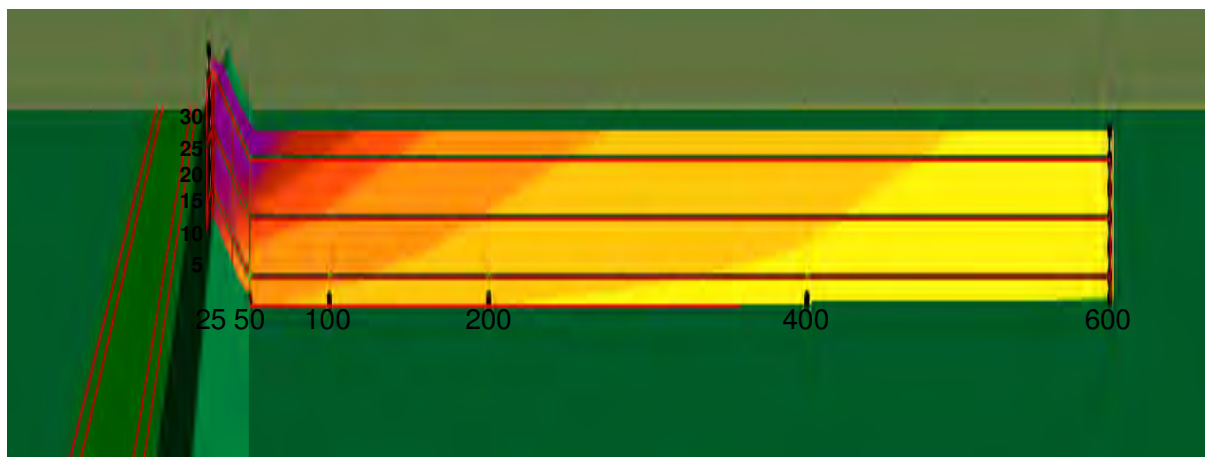
afbeelding 4.28. Verwachte effecten Standaard autosnelweg met 2x4 rijstroken (5), grondwalhoogte 8 meter



afbeelding 4.29. Verwachte effecten Standaard autosnelweg met 2x4 rijstroken (5), grondwalhoogte 10 meter



afbeelding 4.30. Verwachte effecten Standaard autosnelweg met 2x4 rijstroken (5), grondwalhoogte 15 meter



4.6.1. Bespreking resultaten

Uit de uitgevoerde berekeningen met grondwallen van verschillende hoogtes kunnen de volgende conclusies worden getrokken, die zijn samengevat in tabel 4.31:

- zonder grondwal wordt zowel de 50 als 55 dB waarde (hetgeen gelijk is aan de voorkeursgrenswaarde respectievelijk de maximale grenswaarde inclusief 2 dB aftrek ex art. 110g Wgh) binnen de hele zone van de snelweg (600 meter) overschreden. Bij deze snelwegvariant is het realiseren van geluidsgevoelige objecten binnen de zone van de snelweg niet zonder maatregelen mogelijk;
- in dezelfde situatie mét een grondwal van 6 meter hoog, is er een duidelijk verschil: de 50 dB waarde ligt tussen de 500 meter en de zone van de snelweg. Op 1,5 meter hoogte en 500 meter van de snelweg ligt de geluidsbelasting op ca. 50 dB. Op 5 meter en hoger en 600 meter van de snelweg ook. Het realiseren van een grondwal van 6 meter hoogte bij deze snelwegvariant heeft een redelijk effect. De 55 dB waarde ligt op ca. 250 tot 550 meter. Dit houdt in dat middels een grondwal van 6 meter hoog, geluidsgevoelige objecten met twee bouwlagen ca. 250 meter dicht bij een snelweg gerealiseerd kunnen worden dan bij een situatie zonder grondwal;
- bij een grondwal van 8 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 400 meter en de zone van de snelweg. De 55 dB waarde ligt op ca. 175 tot 450 meter. Het verschil met een grondwal van 6 me-

ter is daarmee redelijk. Het verschil met een grondwal van 6 meter bedraagt op 1,5 meter hoogte zo'n 75 meter voor de maximale grenswaarde van 55 dB;

- bij een grondwal van 10 meter hoog ligt de 50 dB waarde tussen de 350 en de zone van de snelweg. Het verschil met een grondwal van 8 meter hoog is daarmee vrij klein. De 55 dB waarde ligt vanaf 150 tot ca. 375 meter. Met deze grondwal hoogte is het verschil met een hoogte van 8 meter beperkt;
- Pas bij een grondwal van 15 meter hoog is het verschil merkbaar ten opzichte van de andere grondwalhoogten. De 50 dB waarde ligt tussen de 250 en 500 meter. De 55 dB waarde ligt vanaf ca. 75 tot 250 meter.

tabel 4.31. Resultaten autosnelweg met 2x4 rijstroken op 1,5 meter hoogte

contour	afstand (in meters)				
	walhoogte = 0 m.	walhoogte = 6 m.	walhoogte = 8 m.	walhoogte = 10 m.	walhoogte = 15 m.
50 dB	600	500	400	350	250
55 dB	600	250	175	150	75

4.7. Belangrijkste conclusies uit de uitgevoerde berekeningen

Over het algemeen heeft de aanleg van een grondwal een zeer positief effect op de geluidsbelasting. Kunnen zonder wal nauwelijks geluidsgevoelige objecten binnen de zone van een snelweg geplaatst worden, met grondwal is dit zeer goed mogelijk. Hierbij is het bijna vanzelfsprekend dat hoe hoger de grondwal is hoe groter het gebied is waarbinnen geluidsgevoelige objecten gerealiseerd kunnen worden. Opvallend is wel dat de verschillen tussen 6, 8 en 10 meter hoge geluidswallen meevallen. Pas bij grondwallen van 15 meter hoog wordt in het grootste gebied achter de wal voldaan aan de voorkeursgrenswaarde.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De geluidsproblematiek in Nederland wordt, ondanks de inspanningen van de afgelopen jaren, eerder groter dan kleiner. Door groei van het weg- en het spoorwegverkeer groeit ook de geluidhinder. Eén mogelijke maatregel om de geluidsbelasting te verminderen is het aanleggen van grondwallen. Grondbank GMG realiseert dergelijke grondwallen. Zij zijn geïnteresseerd in de effecten die een grondwal heeft op de luchtkwaliteit en de geluidsbelasting afkomstig van snelwegen. In dit rapport is ingegaan op de effecten die grondwallen op de geluidsbelasting hebben. Hiertoe zijn de effecten van grondwallen van verschillende hoogte bepaald voor verschillende wegprofielen van snelwegen.

Ten opzichte van geluidsschermen hebben grondwallen enkele voordelen:

- grondwallen hebben een hoog eigengewicht, bevat geen spleten, deuren e.d. waardoor de geluidsisolatie alleen afhankelijk is van de hoogte van de grondwal;
- grondwallen zijn altijd geluidsabsorberend;
- bij grondwallen is er geen sprake van geluidsreflecties.

Ook is er een nadeel ten opzichte van geluidsschermen: een scherpe tophoek zoals geluidsschermen die hebben heeft een betere afscherming dan de stompe top van een grondwal.

De resultaten van de effecten van een grondwal op de geluidsbelasting zijn het best te bekijken aan de hand van de overzichtsfiguren die in hoofdstuk 4 zijn weergegeven. Over het algemeen heeft de aanleg van een grondwal een zeer positief effect op de geluidsbelasting. Kunnen zonder wal nauwelijks geluidsgevoelige objecten binnen de zone van een snelweg geplaatst worden, met grondwal is dit zeer goed mogelijk. Hierbij is het bijna vanzelfsprekend dat hoe hoger de grondwal is hoe groter het gebied is waarbinnen geluidsgevoelige objecten gerealiseerd kunnen worden. Opvallend is wel dat de verschillen tussen 6, 8 en 10 meter hoge geluidswallen meevallen. Pas bij grondwallen van 15 meter hoog wordt in het grootste gebied achter de wal voldaan aan de voorkeursgrenswaarde.