

TNO-rapport

MON-RPT-2010-03023

**Geluidemissiemetingen aan V250 en Thalys
treinen op HSL Rheda- en ballastspoor**

Stieltjesweg 1
Postbus 155
2600 AD Delft
The Netherlands

www.tno.nl

T +31 88 866 20 00
F +31 88 866 06 30
info-lenT@tno.nl

Datum	13 december 2010
Auteur(s)	Ir. M.G. Dittrich Ir. H.W. Jansen J. van 't Hof Ing. F.H.M. Staats
Opdrachtgever	ProRail T.a.v. de heer M.S. Roovers Postbus 2038 3500 GA Utrecht
Projectnummer	033.26117 / 033.26926
Aantal pagina's	37 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

TNO heeft in opdracht van ProRail geluidemissiemetingen uitgevoerd aan het nieuwe Ansaldo V250-materieel tijdens testritten en aan Thalys treinen in de normale dienstregeling. De metingen vonden plaats op Rheda HSL-betonspoor bij Zevenbergschen Hoek en op ballastspoor bij Galder (nabij Breda) eind oktober 2010. Doelstelling was om geluidemissiedata van de V250-treinen, die vanaf 2011 op de HSL in dienst zullen komen, te verzamelen en evalueren. De hier gepresenteerde resultaten zullen in een vervolganalyse worden gebruikt voor categorie-indeling en bepaling van de bovenbouwcorrectieterm van het HSL spoor.

Het passageniveau van de V250 op het westspoor in Zevenbergschen Hoek bij 250 km/h op 7,5 m afstand ligt tussen 95 en 96 dB(A), minder dan 1 dB boven het niveau volgens de aannames van het Tracébesluit. Op Rhedaspoor is de geluidemissie van de V250 bij 250 km/h niet meer dan 1 dB hoger dan die van de Thalys bij dezelfde snelheid.

Voor de gegeven railruweheidscondities op het Rhedaspoor ligt het octaafbandspectrum van het gemeten passageniveau van de V250 bij 254 km/h hoger dan van categorie 8 op ballastspoor bij 220 km/h en 260 km/h, met uitzondering van de octaafbanden van 1 kHz en 2 kHz. Echter het totale A-gewogen niveau ligt net onder het berekende niveau bij 260 km/h. De hogere gemeten geluidemissie is te verklaren door een grotere bijdrage van het aërodynamisch geluid bij lage frequenties en de extra geluidafstraling van het Rhedaspoor in de 1 kHz en 2 kHz octaafbanden.

Inhoudsopgave

	Samenvatting.....	2
1	Inleiding.....	4
2	Meetlocaties, meetopstelling en materieel.....	5
2.1	De meetlocaties.....	5
2.2	Conditie van het spoor en meteocondities	6
2.3	De meetopstelling en apparatuur	6
2.4	Het materieel.....	7
3	Meetresultaten.....	9
3.1	Overzicht treinpassages en geluidniveaus.....	9
3.2	Geluidspectra	13
3.3	Afstandsdemping van het spoor.....	16
3.4	Wiel/railruwheid	17
3.5	Overdrachtfuncties.....	19
4	Conclusies	21
5	Referenties	22
6	Ondertekening.....	23
	Bijlage(n)	
	A Railloopvlakconditie	
	B Meetapparatuur en meteogegevens	
	C Niveauperloop en spectrogrammen	

1 Inleiding

TNO heeft in opdracht van ProRail geluidemissiemetingen uitgevoerd aan het nieuwe Ansaldo V250-materieel tijdens testritten en aan de Thalys in de normale dienstregeling. Metingen zijn tegelijkertijd uitgevoerd op twee locaties, Zevenbergschen Hoek bij km 230,2 met HSL-Rhedaspoor, en Galder bij km 250,5 met ballastspoor.

De nieuwe V250 treinen komen vanaf 2011 op de HSL in dienst. De meetresultaten zijn nodig voor de beoordeling van de toekomstige geluidruimte op de HSL. De metingen vormen een logisch vervolg op een reeks onderzoeken [1,2,3] om de geluidemissie en -immissie van de HSL beter in kaart te brengen.

Doelstelling van de metingen was meerledig:

- Verzamelen van geluidemissiegegevens van het V250 materieel bij maximum snelheid en enkele andere snelheden, zodat emissiedata beschikbaar komt voor geluidemissieberekeningen en het materieel met de Thalys kan worden vergeleken.
- Beoordeling van de bovenbouwcorrectieterm voor het reken- en meetvoorschrift railverkeerslawaai voor het gemeten materieel.
- Indeling van het nieuwe materieel in een bestaande treincategorie van het reken- en meetvoorschrift railverkeerslawaai, voor de beschouwde snelheden.
- Controle van de geluidsemmissie van de Thalys op beide spoortypes.

In dit rapport worden de meetlocaties, de meetopstelling, het treinmaterieel, de resultaten van de geluidemissiemetingen, de wiel/railruwheid, de afstandsdemping van het spoor en overdrachtfuncties gepresenteerd, samen met de daaruit voortvloeiende conclusies. De bovenbouwcorrectie, de indeling van het materieel en de controle van de emissiegegevens van de Thalys worden behandeld in een vervolgrapport.

Geluid en trillingen van de rails zijn gemeten voor een reeks verschillende passages inclusief de maximum snelheid van 250 km/h voor de V250-trein. De metingen vonden plaats op 29 oktober overdag, en tijdens de nachten van 29/30 en 30/31 oktober 2010. De metingen zijn zoveel mogelijk conform EN ISO 3095:2005 uitgevoerd, waarbij het aantal rijnsnelheden en passages beperkt was door de beschikbaarheid van het nieuwe V250-materieel en de vaste dienstsnelheid van de Thalys-treinen.

2 Meetlocaties, meetopstelling en materieel

2.1 De meetlocaties

De metingen zijn uitgevoerd op twee locaties op het traject Rotterdam-Antwerpen, Zevenbergschen Hoek bij km 230,2 met HSL-Rhedaspoor, en Galder bij km 250,5 met ballastspoor. Op dit traject rijdt de Thalys 300 km/h. Deze locaties zijn geselecteerd op grond van het type spoor en de mogelijke rijksnelheden, de ligging ten opzichte van het maaiveld en de bereikbaarheid. Foto's van beide locaties zijn in Figuur 1 en Figuur 2 weergegeven. De meetposities zijn met rode stippen aangegeven.



Figuur 1: Meetlocatie Zevenbergschen Hoek bij km 230,2 met HSL Rhedaspoor, nabij Moerdijk.



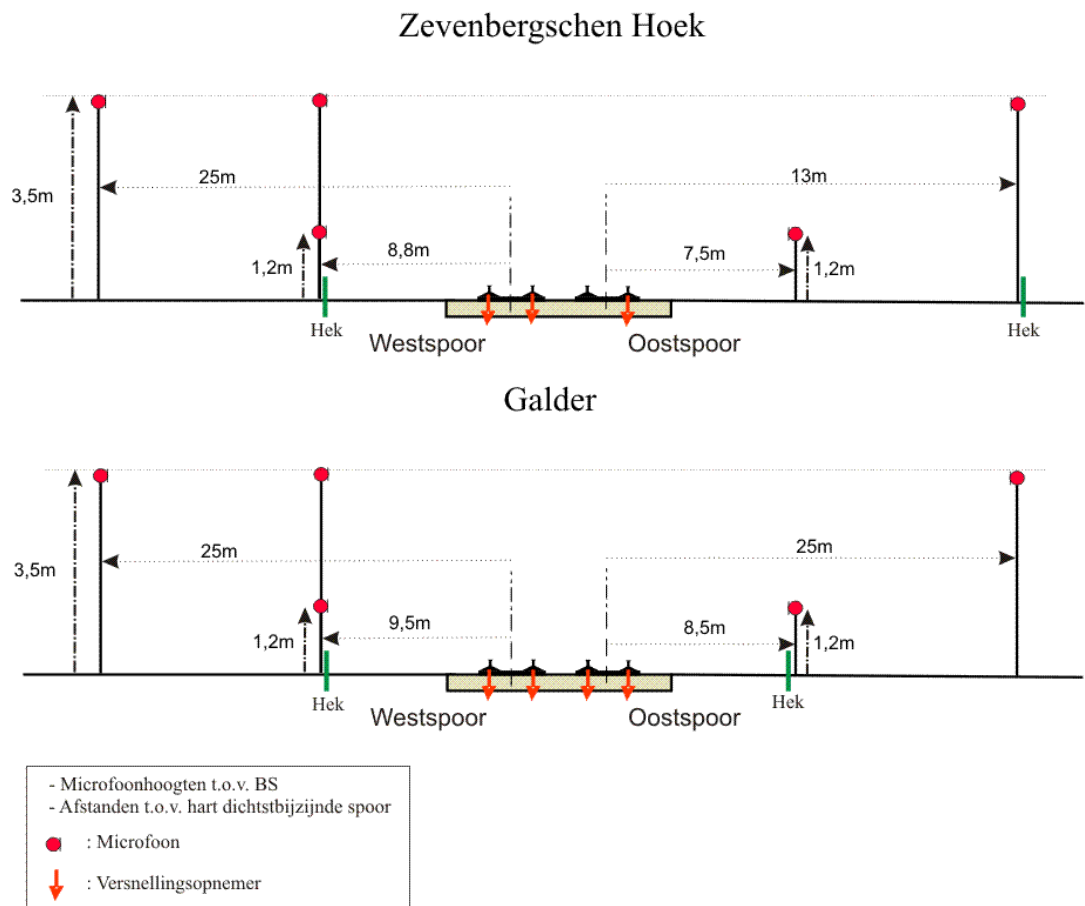
Figuur 2: Meetlocatie Galder bij km 250,5 met ballastspoor, nabij de Belgische grens.

2.2 Conditie van het spoor en meteocondities

Het spoor was voor het laatst geslepen in juni 2010. Er zijn géén railruweidingsmetingen uitgevoerd vóór de metingen. Het loopvlak op de rails is op foto vastgelegd voor de locatie Zevenbergschen Hoek en staat in bijlage A. De meteocondities tijdens de metingen zijn opgenomen in bijlage B.

2.3 De meetopstelling en apparatuur

Er is aan beide kanten van het spoor geluid en trillingen gemeten, zoals aangegeven in figuur 3. Er is op enkele punten afgeweken van de standaardposities 7,5 m en 25 m, ten gevolge van beperkte toegang tot het spoor en de posities van het hek. De meetresultaten zijn hiervoor met de afstand gecorrigeerd. Verticale railtrillingen zijn gemeten onder de vier rails in Galder en onder drie rails in Zevenbergschen Hoek. Een lijst van gebruikte apparatuur staat in bijlage B.



Figuur 3: Posities van meetmicrofoons en trillingsopnemers op de meetlocaties Zevenbergschen Hoek (boven) en Galder (onder).

2.4 Het materieel

Het materieel dat op 29 oktober in de normale dienst reed bestond uit een reeks PBA- en PBKA-treinstellen van de Thalys met verschillende materieelnummers. De PBA-treinen zijn van de SNCF, en de PBKA-treinen van SNCF, NS en NMBS.

De Thalys PBA (zie Figuur 4) heeft iets minder stroomlijning aan de vóór- en achterkant dan de PBKA (zie Figuur 5). De Thalys bestaat uit 2 motorrijtuigen en 8 rijtuigen met asaantallen per rijtuig in de configuratie 4-3-2-2-2-2-2-3-4, totaal dus 26 assen. De treinlengte over de buffers is 200,2 meter.

De Ansaldo V250 (zie Figuur 6) reed alléén 's nachts op 30 en 31 oktober testritten op het westspoor tussen Barendrecht en station Noorderkempen net over de Belgische grens. Het V250-treinstel bestaat uit acht 4-assige rijtuigen, met vier aangedreven rijtuigen (verdeelde aandrijving). Het totale aantal assen is 32 en de treinlengte over de buffers is 201 meter.



Figuur 4: Thalys PBA (foto TNO).



Figuur 5: Thalys PBKA (foto TNO).



Figuur 6: Ansaldo V250 (foto AnsaldoBreda)

3 Meetresultaten

3.1 Overzicht treinpassages en geluidniveaus

De gemeten treinpassages van de Thalys en V250 in Zevenbergschen Hoek en in Galder staan in tabellen 1 en 2 weergegeven. Hierin zijn tevens de geluidexpositieniveaus en de passageniveaus $L_{pAeq,tp}$ weergegeven op 7,5 m afstand, meethoogte 1,2 m boven BS en 25 m afstand, meethoogte 3,5 m boven BS. De expositieniveaus en passageniveaus zijn grafisch weergegeven in Figuur 7 en Figuur 8.

De meeste treinen zijn op beide locaties geregistreerd. Bij 300 km/h legt de Thalys de 20,3 km afstand in ca. 4 minuten af. De V250 heeft bij 250 km/h daar ca. 5 minuten voor nodig.

Tijdens de metingen passeerden verschillende materieelnummers van het Thalys-materieel op beide sporen, meestal bestaande uit één treinstel. Er zijn zes Thalys PBA-passages en acht tot tien Thalys PBKA passages geregistreerd, de meeste met een snelheid van rond de 300 km/h.

De V250, bestaande uit één treinstel van acht rijtuigen, reed alleen op het westspoor heen en weer. De trein reed bij zes passages ongeveer 250 km/h en een bij een beperkt aantal passages andere snelheden op beide locaties.

In tabel 3 staat een overzicht van gemiddelde en voor de rijnsnelheid gecorrigeerde geluidexpositieniveaus en passageniveaus. Voor de totale niveaus zijn kleine snelheidscorrecties toegepast op passages die binnen 5% van de nominale snelheid lagen, met een correctie van $20 \cdot \lg(v)$ voor de geluidexpositieniveaus en $30 \cdot \lg(v)$ voor de passageniveaus $L_{pAeq,tp}$. Tevens zijn de berekende passageniveaus $L_{pAeq,tp}$ van een trein uit de categorie 8 op ballastspoor volgens de Standaardrekenmethode 2 met een snelheid van 220, 250 en 260 km aangegeven. De octaafbandspectra van de geluiddruk van de passages gemeten op 7,5 m en 1,2 m boven BS staan in de figuren 7 en 8.

De verschillen tussen de locaties kunnen worden verklaard door de hogere afstraling van het Rhedaspoor en door de verschillen in wiel- en railruwheid (zie navolgende paragrafen). Verdere verschillen tussen de resultaten op 7,5 m en 25 m afstand zijn te deels te verklaren door afronding.

De geluidemissie van de Thalys bij 300 km/h op Rhedaspoor bij Zevenbergschen Hoek lijkt op eerdere metingen uit 2009 bij De Wacht [2].

Het passageniveau van de V250 op het westspoor in Zevenbergschen Hoek bij 250 km/h op 7,5 m afstand ligt tussen 95 en 96 dB(A), minder dan 1 dB boven het niveau volgens de aannames van het Tracébesluit.

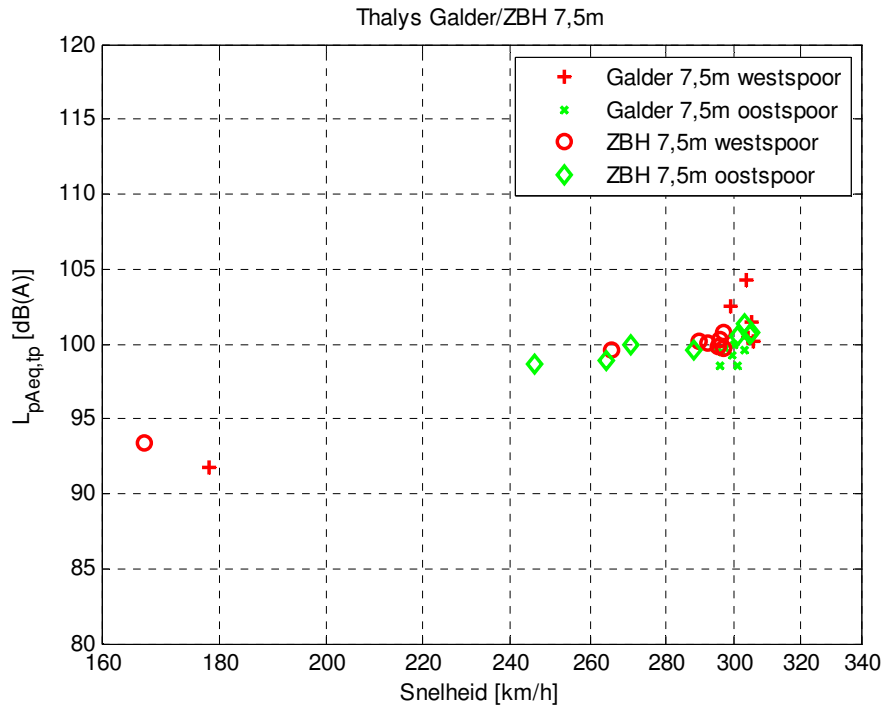
Het passageniveau van de V250 bij 250 km/h kan met de Thalys worden vergeleken door de gemiddelde niveaus van de Thalys als volgt te corrigeren. Het passageniveau van de Thalys bij 300 km/h op het westspoor is 97 dB(A), en verminderd met $30 \lg(300/250)$, wordt het niveau bij 250 km/h afgerond 95 dB(A). Daarmee is de geluidemissie van de V250 niet meer dan 1 dB hoger van die van de Thalys, voor Rhedaspoor.

Tabel 1: Gemeten treinen met tijden, type, nummer, richting, snelheid, geluidexpositieniveaus en passageniveaus op 7,5 m en 25 m afstand, voor de locatie Zevenbergschen Hoek.
Gekleurde regels duiden passages op het oostspoor aan.

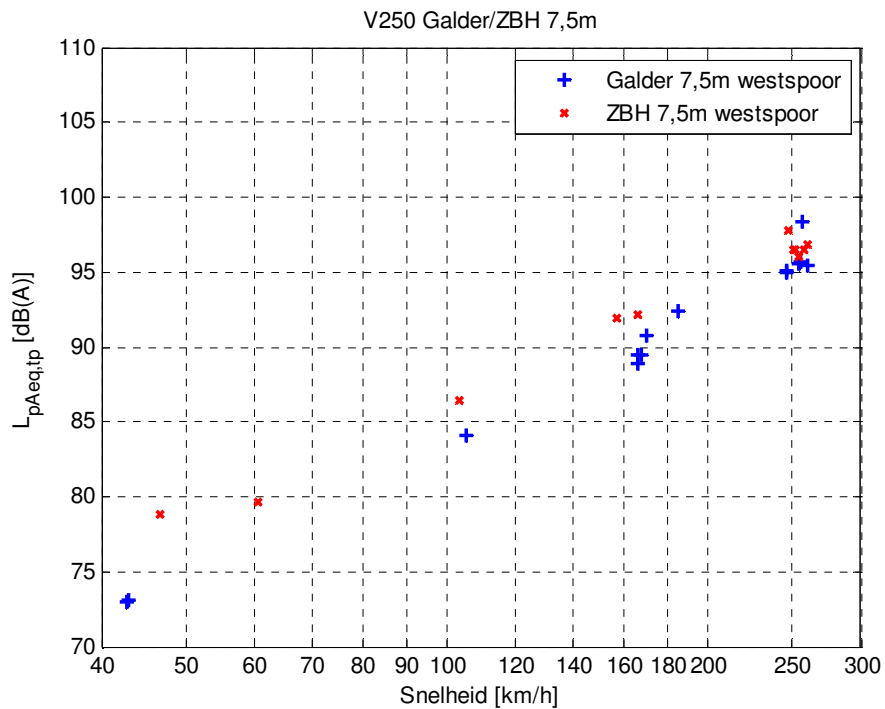
Passby nr.	Datum	Tijd	Richting	Spoor	Type	Matnr.	Treinnr.	Snelh. km/h	SEL		LpAeqtp	
									7,5m	25m	7,5m	25m
1	vr. 29-10-2010	10:57	Rdam	west	PBKA NMBS	4301	9315	296	104,7	98,5	100,8	94,1
2	vr. 29-10-2010	11:20	Antw	oost	PBA SNCF	4537	9326	303	102,0	98,1	97,8	93,5
3	vr. 29-10-2010	12:23	Antw	oost	PBKA NMBS	4303	9330	288	99,6	95,8	95,4	91,1
4	vr. 29-10-2010	13:12	Rdam	west	PBKA NS	4331	9323	296	104,1	98,2	100,2	93,9
5	vr. 29-10-2010	14:12	Antw	oost	PBKA SNCF	4342	9338	301	101,0	97,0	96,9	92,4
6	vr. 29-10-2010	15:19	Antw	oost	PBKA NMBS	4301	9342	246	99,9	96,0	95,0	90,8
7	vr. 29-10-2010	15:48	Rdam	west	PBA SNCF	4536	9331	266	104,3	98,3	99,6	93,3
8	vr. 29-10-2010	16:22	Antw	oost	PBKA NS	4331	9346	264	98,9	95,1	94,2	90,2
9	vr. 29-10-2010	17:18	Rdam	west	PBA SNCF	4532	9339	167	99,9	93,5	93,3	86,6
10	vr. 29-10-2010	18:16	Antw	oost	PBA SNCF	4536	9354	271	100,3	96,2	95,6	91,1
11	vr. 29-10-2010	18:47	Rdam	west	PBA SNCF	4537	9343	297	103,5	97,6	99,7	93,2
12	vr. 29-10-2010	19:30	Antw	oost	PBA SNCF	4532	9358	305	101,0	96,9	96,8	92,1
13	vr. 29-10-2010	19:52	Rdam	west	PBKA SNCF	4342	9351	295	103,6	97,2	99,8	92,8
14	vr. 29-10-2010	21:07	Antw	oost	PBA SNCF	4537	9362	304	101,5	97,6	97,4	92,9
15	vr. 29-10-2010	21:26	Rdam	west	PBKA NMBS	4301						
16	vr. 29-10-2010	23:20	Rdam	west	PBKA SNCF	4341	9355	292	107,0	101,2	100,1	93,9
17	za. 30-10-2010	0:35	Antw	west	PBKA NMBS	4307	9359	289	104,3	98,4	100,2	93,7
18	za. 30-10-2010	0:35	Antw	west	V250	4881		61	90,7	84,7	79,7	73,6
19	za. 30-10-2010	2:37	Rdam	west	V250	4881		252	100,9	94,7	96,5	89,7
20	za. 30-10-2010	2:55	Antw	west	V250	4881		258	101,2	95,2	96,5	90,2
21	za. 30-10-2010	3:40	Rdam	west	V250	4881		251	100,9	94,5	96,5	89,5
22	za. 30-10-2010	3:57	Antw	west	V250	4881		254	100,7	95,0	96,0	90,0
23	za. 30-10-2010	4:30	Rdam	west	V250	4881		247	102,3	96,5	97,8	91,6
24	zo. 31-10-2010	0:39	Antw	west	V250	4881		47	90,9	85,5	78,8	73,0
25	zo. 31-10-2010	1:56	Rdam	west	V250	4881		260	101,2	95,0	96,9	90,0
26	zo. 31-10-2010	2:36	Rdam	west	V250	4881		167	98,5	90,6	92,1	83,8
27	zo. 31-10-2010	3:20	Antw	west	V250	4881		157	98,5	91,8	91,9	84,9
28	zo. 31-10-2010	3:55	Rdam	west	V250	4881		103	95,0	88,4	86,4	79,7

Tabel 2: Gemeten treinen met tijden, type, nummer, richting, snelheid, geluidexpositieniveaus en passageniveaus op 7,5 m en 25 m afstand, voor de locatie Galder.
Gekleurde regels duiden passages op het oostspoor aan.

Passby nr.	Datum	Tijd	Richting	Spoor	Type	Matnr.	Treinnr.	Snelh. km/h	SEL		LpAeqtp	
									7,5m	25m	7,5m	25m
1	vr. 29-10-2010	11:23	Antw	oost	PBA SNCF	4537	9326	303	105,6	101,1	101,6	96,7
2	vr. 29-10-2010	12:25	Antw	oost	PBKA NMBS	4303	9330	301	102,5	98,1	98,4	93,7
3	vr. 29-10-2010	13:07	Rdam	west	PBKA NS	4331	9323	304	104,2	97,6	100,4	93,3
4	vr. 29-10-2010	14:16	Antw	oost	PBKA SNCF	4342	9338	296	106,1	101,4	102,3	97,3
5	vr. 29-10-2010	15:23	Antw	oost	PBKA NMBS	4301	9342	297	105,2	100,6	101,3	96,3
6	vr. 29-10-2010	15:43	Rdam	west	PBA SNCF	4536	9331	305	105,2	98,3	101,5	94,2
7	vr. 29-10-2010	16:26	Antw	oost	PBKA NS	4331	9346	294	105,8	101,9	101,7	97,5
8	vr. 29-10-2010	17:09	Rdam	west	PBA SNCF	4532	9339	299	106,2	98,5	102,5	94,3
9	vr. 29-10-2010	18:20	Antw	oost	PBA SNCF	4536	9354	299	103,2	98,5	99,1	94,2
10	vr. 29-10-2010	19:34	Antw	oost	PBA SNCF	4532	9358	296	102,4	98,1	98,4	93,8
11	vr. 29-10-2010	19:48	Rdam	west	PBKA SNCF	4342	9351	303	107,8	99,8	104,3	95,7
12	vr. 29-10-2010	21:11	Antw	oost	PBA SNCF	4537	9362	300	105,9	101,6	102,0	97,6
13	vr. 29-10-2010	21:21	Rdam	west	PBKA NMBS	4301						
14	vr. 29-10-2010	23:15	Rdam	west	PBKA SNCF	4341	9355	178	100,9	94,3	91,7	85,0
15	vr. 29-10-2010	23:15	Rdam	west	PBKA NMBS	4307	9359	306	104,2	97,7	100,2	93,0
17	za. 30-10-2010	1:48	Antw	west	V250	4881		43	85,4	79,5	73,0	66,6
18	za. 30-10-2010	2:32	Rdam	west	V250	4881		246	99,7	92,9	95,0	87,7
19	za. 30-10-2010	3:00	Antw	west	V250	4881		257	103,0	96,7	98,4	92,0
20	za. 30-10-2010	3:24	Rdam	west	V250	4881		256	100,3	93,9	95,7	88,9
21	za. 30-10-2010	4:03	Antw	west	V250	4881		185	98,3	92,6	92,4	86,6
22	za. 30-10-2010	4:17	Rdam	west	V250	4881		170	97,2	90,3	90,8	83,6
23	zo. 31-10-2010	1:15	Antw	west	V250	4881		43	85,7	80,4	73,0	66,8
24	zo. 31-10-2010	1:50	Rdam	west	V250	4881		255	100,1	93,6	95,6	88,4
25	zo. 31-10-2010	2:18	Antw	west	V250	4881		246	99,6	93,0	95,0	88,0
26	zo. 31-10-2010	2:27	Rdam	west	V250	4881		166	95,4	88,9	88,9	82,1
27	zo. 31-10-2010	2:02	Antw	west	V250	4881		166	95,9	89,2	89,5	82,5
28	zo. 31-10-2010	2:43	Rdam	west	V250	4881		260	99,9	93,4	95,5	88,4
29	zo. 31-10-2010	3:15	Antw	west	V250	4881		168	95,9	89,2	89,5	82,5
30	zo. 31-10-2010	3:26	Rdam	west	V250	4881		105	92,7	84,3	84,1	75,5



Figuur 7: Passageniveaus van de Thalys (verschillende treinstellen) op 7,5 meter afstand als functie van de rijnsnelheid voor de locaties Zevenbergschen Hoek (ZBH) en Galder op oost- en westspoor.



Figuur 8: Passageniveaus van de V250 (één treinstel) op 7,5 meter afstand als functie van de rijnsnelheid voor de locaties Zevenbergschen Hoek (ZBH) en Galder op het westspoor.

Tabel 3: Gemiddelde, afgeronde geluidexpositieniveaus ($L_{Ax}=SEL$) en passageniveaus ($L_{pAeq,tp}$) op 7,5 m en 25 m afstand, voor de Thalys bij 300 km/h en voor de V250 bij 250 km/h voor de locaties Galder en Zevenbergschen Hoek en de volgens Standaardrekenmethode 2 berekende passageniveaus categorie 8 op ballastspoor bij 220, 250 en 250 km/h.

	Nummers van passages in de middeling	Snelheid km/h	L_{Ax} 7,5m dB(A)	L_{Ax} 25m dB(A)	$L_{pAeq,tp}$ 7,5m dB(A)	$L_{pAeq,tp}$ 25m dB(A)
Galder Thalys oostspoor	1, 2, 4, 5, 7, 9, 10, 12	300	105	98	102	94
Galder Thalys westspoor	3, 6, 8, 11	300	105	100	101	96
Zevenbergschen Hoek Thalys oostspoor	2, 3, 5, 10, 12, 14	300	104	98	100	94
Zevenbergschen Hoek Thalys westspoor	1, 4, 11, 13, 15, 16	300	101	97	97	92
Galder V250 westspoor	18, 20, 24, 25, 28	250	100	93	95	88
Zevenbergschen Hoek V250 westspoor	18, 19, 20, 21, 22, 24	250	101	95	96	90
Categorie 8 op ballastspoor	berekend	220			95	
Categorie 8 op ballastspoor	berekend	250			97	
Categorie 8 op ballastspoor	berekend	260			98	

3.2 Geluidspectra

Enkele geluiddrukpectra op 7,5 afstand worden in de figuren hieronder weergegeven en vergeleken. Sommige spectra worden in eenderde octaven weergegeven om bronkarakteristieken beter te kunnen identificeren, anderen worden in octaven gepresenteerd waar dat voor vergelijking met het reken- en meetvoorschrift nodig is.

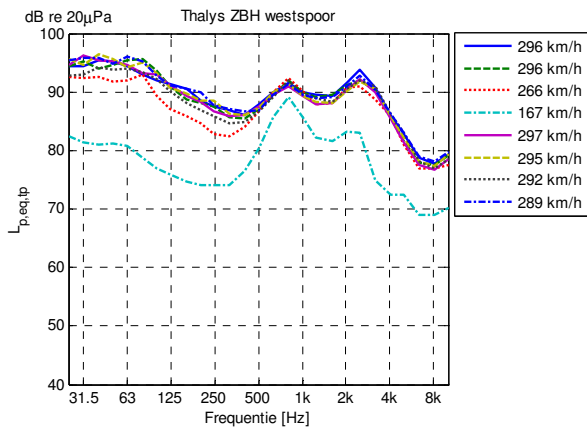
In Figuur 9 t/m Figuur 14 staan eenderde octaafspectra van de geluiddruk over de passagetijd t_p voor de Thalys op beide locaties en beide sporen en voor de V250 op beide locaties alleen op het westspoor.

Voor de Thalys geldt dat de spectra vooral verschillen tussen Rhedaspoor (ZBH, Figuur 9 en Figuur 10) en ballastspoor (Galder, Figuur 11 en figuur 12), zoals te verwachten is. Tussen 500 Hz en 2 kHz is het niveau enkele dB's hoger op Rhedaspoor. Op het westspoor in Galder treedt een sterke piek op tengevolge van hogere railruwheid bij 4 cm.

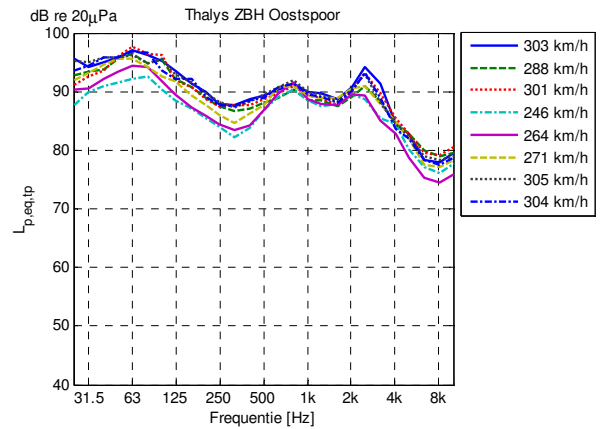
De V250 is bij meer snelheden gemeten. Bij maximumsnelheid is te zien dat met uitzondering van de railruwheidspiek op het ballastspoor (1,6 kHz bij 250 km/h) het geluidniveau lager ligt dan op Rhedaspoor, in grotere mate dan bij de Thalys. Dit wijst erop dat rolgeluid voor de V250 bij 250 km/h tussen 500 en 2 kHz dominant is. Bij lagere frequenties onder 500 Hz is te zien dat ook de V250 een sterke toename van het niveau vertoont; dit wijst op aërodynamisch geluid. De wiel/railruwheid en de overdrachtfuncties van de betreffende passage (zie volgende paragrafen) geven meer inzicht in deze fenomenen.

Voor de gegeven railruwheidscondities op het Rhedaspoor ligt het octaafbandspectrum van het gemeten passageniveau van de V250 bij 254 km/h hoger dan van categorie 8 bij 220 km/h en 260 km/h, met uitzondering van de octaafbanden van 1 en 2 kHz. Het totale A-gewogen niveau ligt net onder het berekende niveau bij 260 km/h. Dit is te verklaren door een grotere bijdrage van het laagfrequente aërodynamisch geluid en de extra geluidafstraling van het Rhedaspoor.

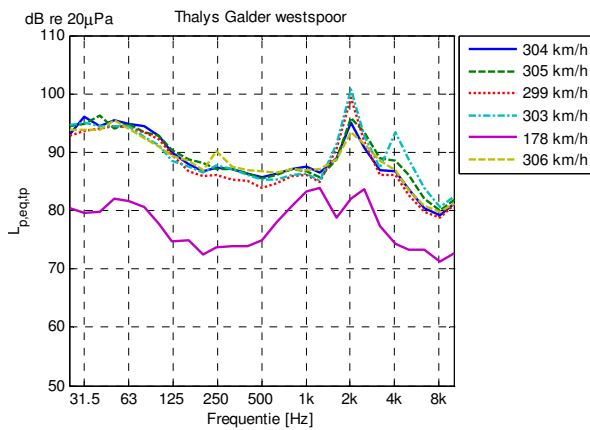
Het niveauverloop en spectrogrammen van het A-gewogen geluiddrukniveau op 7,5 m en van het A-gewogen snelheidsniveau van de verticale railtrilling staan in bijlage C voor enkele representatieve treinpassages van de V250 en de Thalys. Het niveauverloop van zowel geluid als railtrillingen is gelijkmatiger voor de V250 dan voor de Thalys.



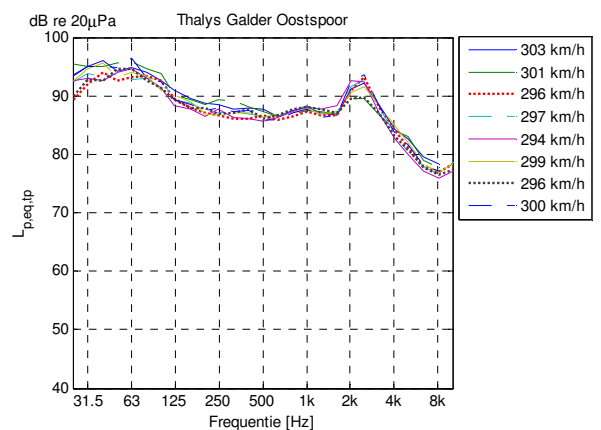
Figuur 9: Eenderde octaafbandspectra over de passagetijd tp van Thalys treinen op het westspoor in Zevenbergschen Hoek



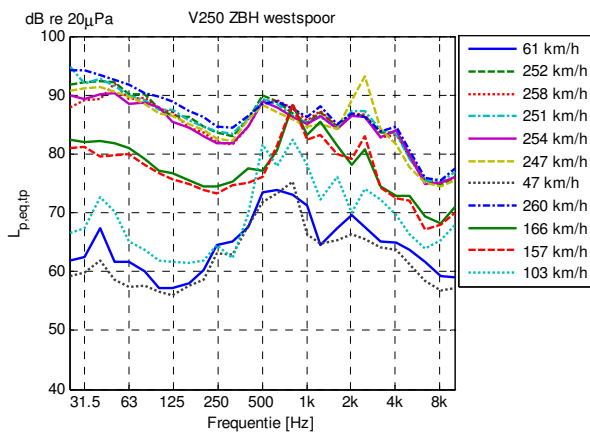
Figuur 10: Eenderde octaafbandspectra over de passagetijd tp van Thalys treinen op het oostspoor in Zevenbergschen Hoek



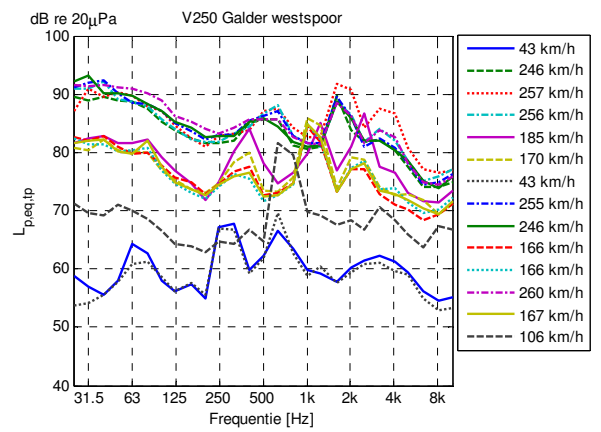
Figuur 11: Eenderde octaafbandspectra over de passagetijd tp van Thalys treinen op het westspoor in Galder.



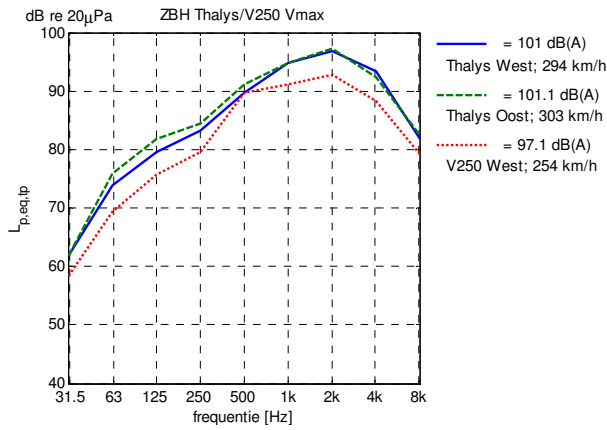
Figuur 12: Eenderde octaafbandspectra over de passagetijd tp van Thalys treinen op het oostspoor in Galder.



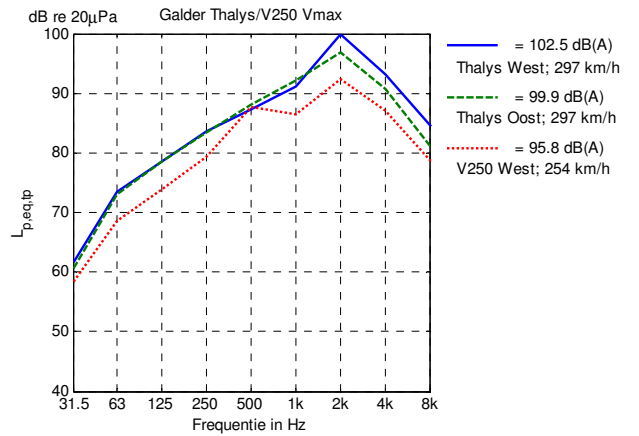
Figuur 13: Eenderde octaafbandspectra over de passagetijd tp van de V250 op het westspoor in Zevenbergschen Hoek.



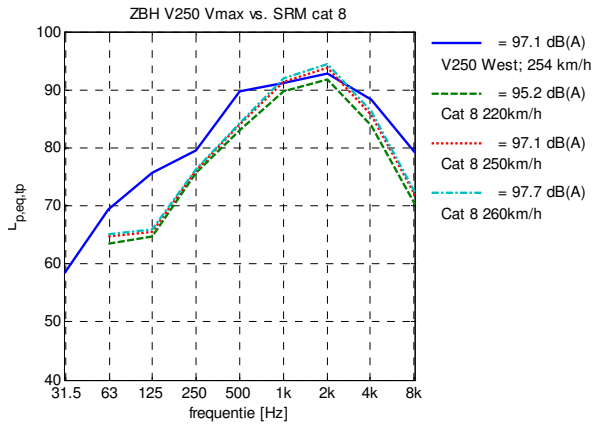
Figuur 14: Eenderde octaafbandspectra over de passagetijd tp van de V250 op het westspoor in Galder.



Figuur 15: Octaafbandspectra over de passagetijd tp van de Thalys bij gemiddeld 294 km/h en de V250 op het westspoor bij gemiddeld 254 km/h in Zevenbergschen Hoek.



Figuur 16: Octaafbandspectra over de passagetijd tp van de Thalys bij gemiddeld 297 km/h en de V250 bij gemiddeld 254 km/h op het westspoor in Galder.

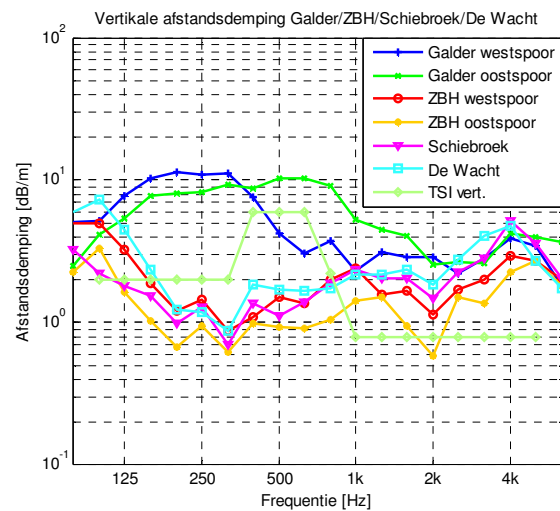


Figuur 17: Gemiddelde octaafbandspectrum van passages van de V250 bij 254 km/h in Zevenbergschen Hoek (gemeten) vergeleken met het niveau van treincategorie 8 volgens Standaardrekenmethode 2 op ballastspoor bij 220, 250 en 260 km/h.

3.3 Afstandsdemping van het spoor

De afstandsdemping is een parameter die mede bepalend is voor het aandeel rolgeluid dat door de spoorconstructie (rails en dwarsliggers) wordt afgestraald. Deze kan worden herleid uit de railtrillingen. De verticale afstandsdemping wordt ook gebruikt voor de analyse van de gecombineerde wiel/railruwheid. Een spoor met hoge afstandsdemping straalt in het algemeen minder rolgeluid af dan één met lage afstandsdemping.

De verticale afstandsdemping is op beide locaties bepaald, weergegeven in Figuur 18 samen met eerder gemeten curves in Schiebroek en De Wacht uit 2009. De curves komen vrij goed overeen met de eerdere metingen. Zowel het Rhedaspoor als het ballastspoor in Galder voldoen niet aan de TSI-eis voor verticale afstandsdemping.



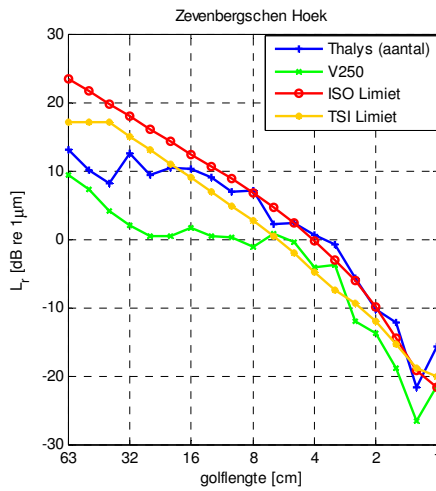
Figuur 18: Verticale afstandsdemping op Rhedaspoor bij Zevenbergschen Hoek, Galder en voor eerdere metingen bij Schiebroek en De Wacht bepaald uit passages van verschillende treinstellen van het type Thalys en één treinstel van het type V250.

3.4 Wiel/railruwheid

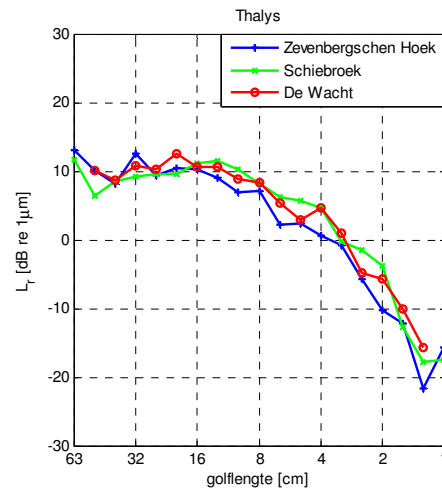
De wiel/railruwheid is ook uit de verticale railtrillingen en de verticale afstandsdemping bepaald voor een reeks passages op beide locaties. In Figuur 19 zijn de gecombineerde ruwheden van de Thalys en de V250 weergegeven samen met de ISO- en TSI-railruwheidsgrenscurves (uit [4], [5]) aangepast met het contactfilter (uit [7]).

Voor de Thalys is het resultaat van de middelingen over meerdere exemplaren van hetzelfde treintype gebaseerd en voor de V250 op één exemplaar. Duidelijk is in Figuur 19 en Figuur 21 te zien dat de geteste V250 voor de metingen in Zevenbergschen Hoek een lagere gecombineerde ruwheid en dus lagere wielruwheid heeft dan de Thalys treinen. Verder ligt de gecombineerde ruwheid van de V250 net boven de TSI-railruwheid. De railruwheid op deze locatie lijkt dus relatief laag, waarmee dit spoor in de buurt van de TSI-eis ligt. In Figuur 20 staan ook gecombineerde ruwheden van de Thalys op HSL-Rhedaspoor in Zevenbergschen Hoek, en bij eerdere metingen in 2009 in Schiebroek en De Wacht. De verschillen zijn te verklaren uit ruwheidsverschillen van de wielen van het materieel en de rails op de verschillende locaties.

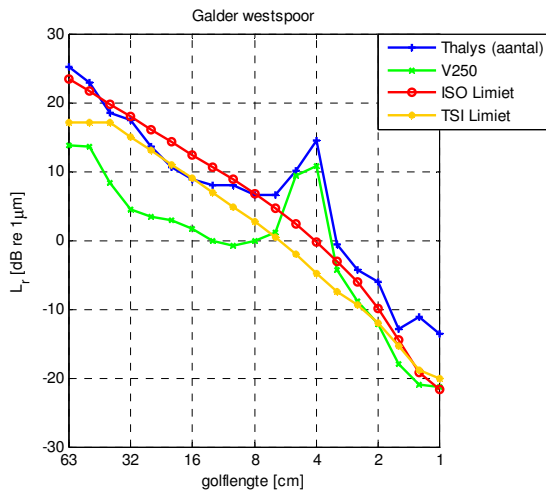
Voor de locatie Galder is er een vergelijkbaar ruwheidsbeeld, behalve dat er op het westspoor een grote ruwheidspiek bij 4 cm optreedt, te zien in Figuur 21 en Figuur 22. Aangezien deze piek niet op het oostspoor in Galder optreedt moet het gaan om een hogere railruwheid op het westspoor, waarschijnlijk ten gevolge van slijpen.



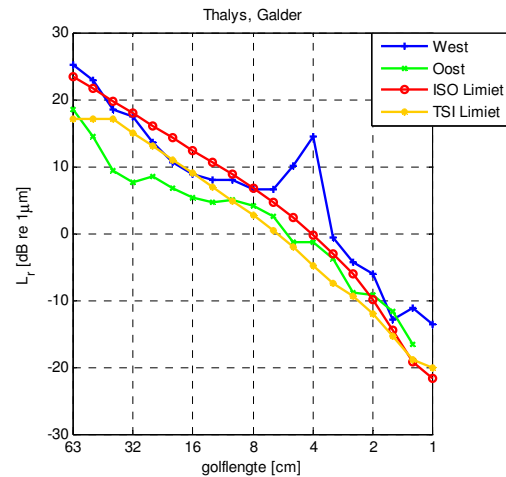
Figuur 19: Gecombineerde ruwheden van verschillende treinstellen van het type Thalys, gemiddeld, en één treinstel van het type V250 op Rhedaspoor bij Zevenbergschen Hoek (westspoor).



Figuur 20: Gecombineerde ruwheden van verschillende treinstellen van het type Thalys, gemiddeld, bij Zevenbergschen Hoek (westspoor) en van eerdere metingen in Schiebroek en De Wacht.



Figuur 21: Gecombineerde ruwheden van verschillende treinstellen van het type Thalys, gemiddeld, en één treinstel van het type V250 op ballastspoor bij Galder (westspoor).



Figuur 22: Gecombineerde ruwheden van verschillende treinstellen van het type Thalys, gemiddeld, bij Zevenbergschen Hoek (westspoor) en van eerdere metingen in Schiebroek en De Wacht.

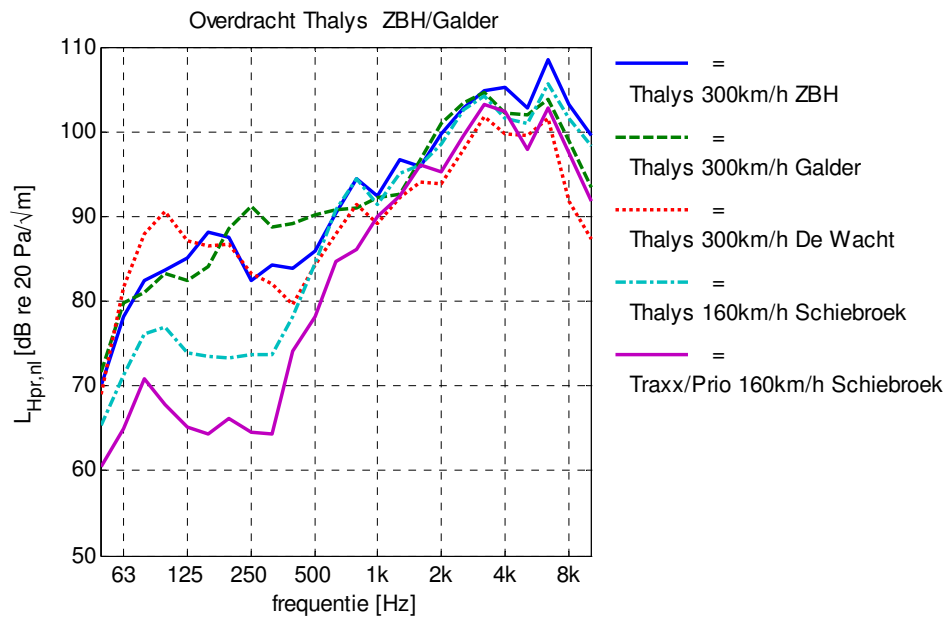
3.5 Overdrachtfuncties

De overdrachtfunctie is een maat voor de geluidafstraling per eenheid wiel/railruwheid. Deze schakelt de invloed van de ruwheid uit en maakt onderlinge vergelijking tussen trein/spoor combinaties mogelijk. De overdrachtfunctie is hier bepaald om het verschil tussen ballastspoor en HSL-Rhedaspoor zichtbaar te maken, maar ook om de mate van aërodynamisch en tractiegeluid te beoordelen.

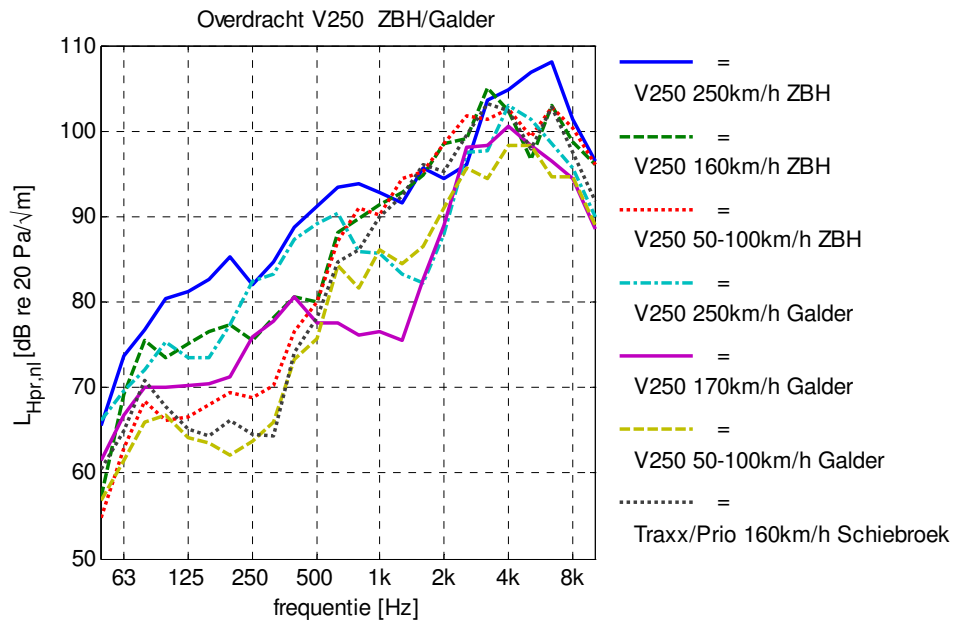
Eerder is al aangetoond dat het Rhedaspoor een hogere geluidoverdracht heeft dan ballastspoor tussen 500 en 2 kHz, een frequentiegebied dat bepalend is voor het A-gewogen geluidniveau. Als andere bronnen dan rolgeluid in dit gebied ook aanwezig zijn, is het mogelijk dat dit verschil minder sterk zichtbaar is. De andere bronnen kunnen bijvoorbeeld bestaan uit aërodynamische bronnen inclusief fluittonen en geluid van de tractiemotoren en koeling. De verhouding van dergelijke bronnen ten opzichte van het rolgeluid hangt sterk af van de rijnsnelheid, maar ook van de belasting en de wiel/rail ruwheid.

De overdrachtfunctie is voor enkele snelheden bepaald voor zowel de Thalys als de V250 op Rheda- en ballastspoor. De overdrachtfuncties voor de Thalys op beide locaties staan in Figuur 23, en voor de V250 in Figuur 24. Ter vergelijking zijn ook eerdere metingen in deze figuren opgenomen, van de locatie Schiebroek met HSL-Rhedaspoor. De overdrachtfunctie van de Traxx/Prio intercitytreinen zijn vooral door rolgeluid bepaald, terwijl de Thalys en de V250 bij hun maximumsnelheden ook aërodynamisch geluid produceren. Dit komt vooral tot uiting in het frequentiegebied onder 500 Hz.

De lagere geluidoverdracht van het ballastspoor komt tot uiting tussen 500 en 2 kHz, vooral voor de V250 bij 250 km/h. Op dit type spoor worden de bijdragen van tractiegeluid bij lage snelheden (50-100 km/h) in dit gebied zichtbaar. Bij hogere snelheden is aërodynamisch geluid aanwezig, gemengd met tractiegeluid.



Figuur 23: Overdrachtfunctie van de Thalys voor de locaties Zevenbergschen Hoek en Galder bij 300 km/h, vergeleken met de Thalys en Traxx/Prio-treinen bij 160 km/h op de locatie Schiebroek.



Figuur 24: Overdrachtfunctie van de V250 voor de locaties Zevenbergschen Hoek en Galder bij 300 km/h, vergeleken met Traxx/Prio-treinen bij 160 km/h op de locatie Schiebroek.

4 Conclusies

Geluidemissiemetingen zijn uitgevoerd voor de Ansaldo V250 en de Thalys op de locatie Zevenbergschen Hoek met HSL-Rhedaspoor en op de locatie Galder met ballastspoor.

Het passageniveau van de V250 op het westspoor in Zevenbergschen Hoek bij 250 km/h op 7,5 m afstand ligt tussen 95 en 96 dB(A), minder dan 1 dB boven het niveau volgens de aannames van het Tracébesluit. Op Rhedaspoor is de geluidemissie van de V250 bij 250 km/h niet meer dan 1 dB hoger dan die van de Thalys bij dezelfde snelheid.

Voor de gegeven railruwheidscondities op het Rhedaspoor ligt het octaafbandspectrum van het gemeten passageniveau van de V250 bij 254 km/h hoger dan van categorie 8 op ballastspoor bij 220 km/h en 260 km/h, met uitzondering van de octaafbanden van 1 kHz en 2 kHz. Echter het totale A-gewogen niveau ligt net onder het berekende niveau bij 260 km/h. De hogere gemeten geluidemissie is te verklaren door een grotere bijdrage van het aërodynamisch geluid bij lage frequenties en de extra geluidafstraling van het Rhedaspoor in de 1 kHz en 2 kHz octaafbanden.

De V250-trein die tijdens de metingen reed, heeft een lagere wielruwheid dan de gemiddelde wielruwheid van de Thalys, waarbij op te merken is dat het slechts één exemplaar van de V250 betreft, die niet in normale dienst verkeert. Indien deze wielruwheid in stand blijft, betekent dit dat op spoor met lage railruwheid de rolgeluidemissie relatief laag zal zijn. Het aërodynamisch geluid en mogelijke tractiegeluid lijken rond 250 km/h ook een rol te spelen waardoor de gemeten niveaus van de V250 niet met de ruwheid evenredig lager zijn.

De gemeten passageniveaus van de V250 op ballastspoor in Galder zijn iets hoger dan normaal te verwachten wegens een hogere railruwheid op het westspoor aldaar. De verwachting is dat zonder de piek in de railruwheid op het westspoor de geluidemissie enkele dB's lager is. Dit zal in het vervolgtraject rekentechnisch worden onderzocht.

De geluidsemmissie van de Thalys bij 300 km/h op Rhedaspoor bij Zevenbergschen Hoek lijkt goed op eerdere metingen uit 2009 bij De Wacht [2].

Het westspoor in Zevenbergschen Hoek heeft een relatief lage railruwheid in vergelijking met de TSI-railruwheidseis [5], waardoor de conditie van de wielen mede maatgevend is voor het passageniveau. Dit compenseert de hogere afstraling van het Rhedaspoor in enige mate. De verticale afstandsdemping is ongeveer gelijk met de afstandsdemping bij eerdere metingen op Rhedaspoor op andere locaties, en voldoet niet aan de TSI-eis [5]. Het westspoor in Galder voldoet niet aan de TSI-eisen voor railruwheid en afstandsdemping, het oostspoor mogelijk wel. Dit zou nog uit aanvullende railruwheidsmetingen moeten blijken.

Uit de gemeten overdrachten van Rheda- en ballastspoor komt de lagere geluidoverdracht van het ballastspoor tot uiting tussen 500 en 2 kHz, vooral voor de V250 bij 250 km/h en lagere snelheden.

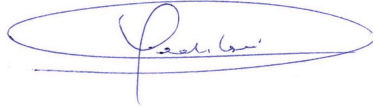
5 Referenties

- [1] A. Eisses, M. Dittrich e.a., Evaluatie van de geluidemissie van de HSL-Zuid (dienstregeling september 2009), TNO-rapport MON-RPT-033-DTS-2009-03096, 15 oktober 2009.
- [2] A. Eisses, M. Dittrich e.a., Evaluatie van de geluidemissie van hogesnelheidsmaterieel (Thalys) op de HSL-Zuid (dienstregeling december 2009), TNO-rapport MON-RPT-2010-00055, 11 januari 2010.
- [3] M.G. Dittrich, F. Staats, J. van 't Hof, Geluidemissiemeting van aangepaste Priorijtuigen op het HSL-spoor, TNO-rapport MON-RPT-2010-01634, 25 juni 2010.
- [4] EN ISO 3095:2005, 'Railway applications - Acoustics – Measurement of noise emitted by railbound vehicles'.
- [5] 2008/232/EC - Commission Decision of 21 February 2008 concerning a technical specification for interoperability relating to the 'rolling stock' subsystem of the trans-European high-speed rail system.
- [6] Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006
Regeling van de Staatssecretaris van VROM van 12 december 2006, nr. LMV 2006 332519, houdende regels voor het berekenen en meten van de geluidsbelasting ingevolge de Wet geluidhinder.
- [7] Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2004, versie 22 november 2004, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

6 Ondertekening

Delft, 13 december 2010

TNO Industrie en Techniek

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue oval. The signature appears to be 'P. Hendriksen'.

Ing. P. Hendriksen
Afdelingshoofd

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal line at the bottom.

Ir. M.G. Dittrich
Auteur

A Railloopvlakconditie

Het loopvlak van het spoor in Zevenbergschen Hoek is afgebeeld in onderstaande foto's.



Westspoor buitenrail ZBH



Westspoor binnenrail ZBH



Oostspoor binnenrail ZBH



Oostspoor buitenrail ZBH

Figuur A.1 : Loopvlak van de rails op locatie Zevenbergschen Hoek, vóór de metingen.

B Meetapparatuur en meteogegevens

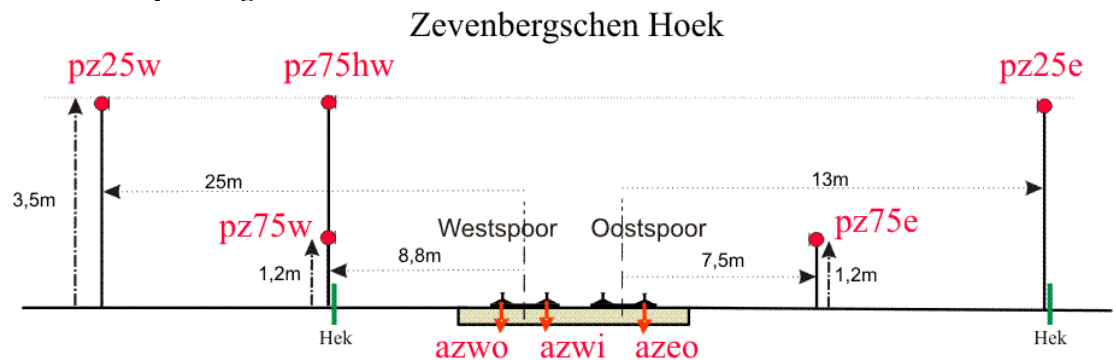
Meetapparatuur

Locatie Zevenbergschen Hoek

Meetdata en periode

Meetdatum	29 oktober 2010	30 oktober 2010	31 oktober 2010
Meetperiode	10.00 – 23.30 uur	0.00 – 5.00 uur	0.00 – 5.00 uur

Meetopstelling



- Microfoonhoogten t.o.v. BS
- Afstanden t.o.v. hart dichtstbijzijnde spoor

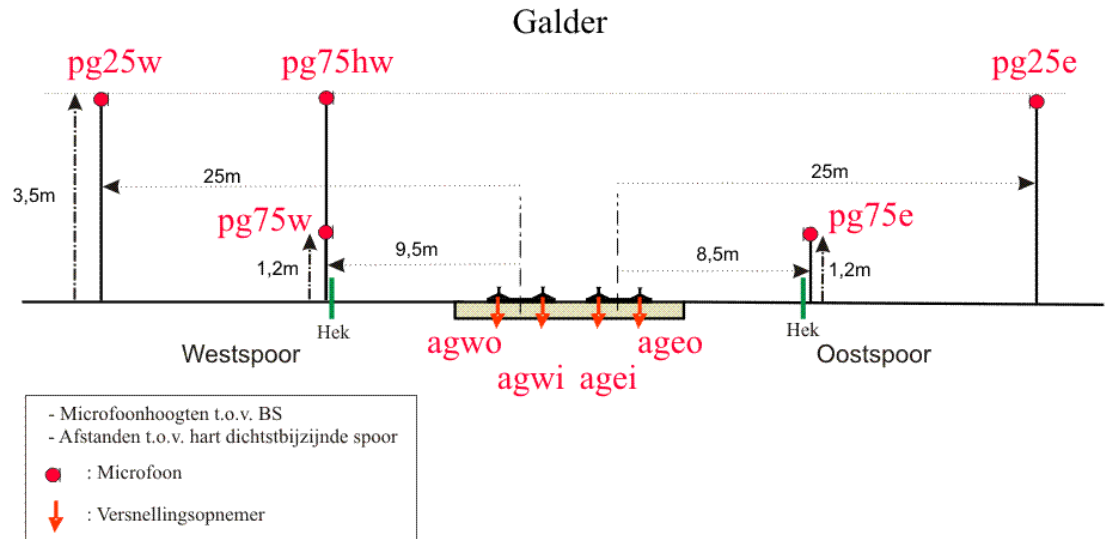
● : Microfoon
↓ : Versnellingsopnemer

Meetapparatuur

Meetpositie	Apparaat	Fabrikant	type	Ser.nr.
azwo	Trillingsopnemer	B&K	5958	2056232
azwi	Trillingsopnemer	B&K	5958	2056240
azeo	Trillingsopnemer	B&K	5958	2056236
pz25w	Microfoon	B&K	4192	2516188
pz25w	Voorversterker	B&K	2669	2083412
pz75hw	Microfoon	B&K	4192	2413693
pz75hw	Voorversterker	B&K	2669	2351872
pz75w	Microfoon	B&K	4192	1918583
pz75w	Voorversterker	B&K	2669	2082095
pz75e	Microfoon	B&K	4192	1886698
pz75e	Voorversterker	B&K	2669	2569348
pz25e	Microfoon	B&K	4192	2594074
pz25e	Voorversterker	B&K	2669	2569344
	Calibrator	B&K	4231	2313267
	PULSE LAN XI	B&K	3050/A/060	105056 105053

Locatie Galder**Meetdata en periode**

Meetdatum	29 oktober 2010	30 oktober 2010	31 oktober 2010
Meetperiode	10.00 – 23.30 uur	0.00 – 5.00 uur	0.00 – 5.00 uur

Meetopstelling**Meetapparatuur**

Meetpositie	Apparaat	Fabrikant	type	Ser.nr.
agwo	Trillingsopnemer	B&K	5958	2056234
agwi	Trillingsopnemer	B&K	5958	2056237
agei	Trillingsopnemer	B&K	5958	2056239
ageo	Trillingsopnemer	B&K	5958	2056233
pg25w	Microfoon	B&K	4192	2516180
pg25w	Voorversterker	B&K	2669	2053567
pg75hw	Microfoon	B&K	4192	1863896
pg75hw	Voorversterker	B&K	2669	2053568
pg75w	Microfoon	B&K	4192	1863898
pg75w	Voorversterker	B&K	2669	2351871
pg75e	Microfoon	B&K	4192	2594113
pg75e	Voorversterker	B&K	2669	2082097
pg25e	Microfoon	B&K	4192	1863897
pg25e	Voorversterker	B&K	2669	1866138
	Calibrator	B&K	4231	2147249 20999020
	PULSE	B&K	3560/C/E15	2560183

Weersomstandigheden

Bron : buienradar.nl

Locatie: Gilze Rijen

Meteogegevens

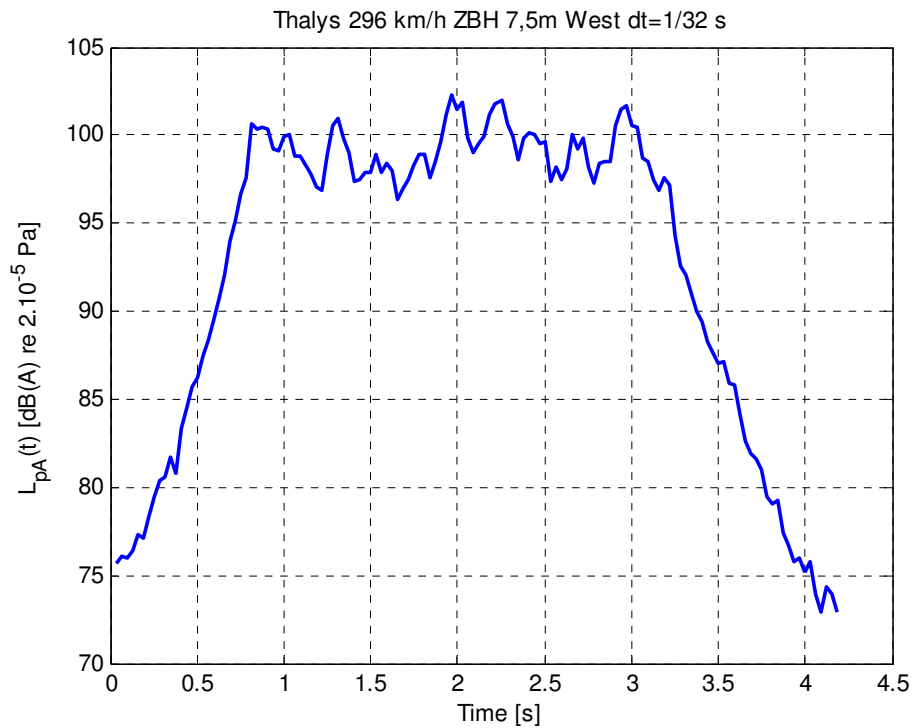
Meetdatum	29 oktober 2010	30 oktober 2010	31 oktober 2010
Zicht in meters	> 10.000	> 10.000	5.000
Windrichting [grd.]	130-170	180	160-110
Windsnelheid [m/s]	2-6	2-5	1,5 – 3,5
Temperatuur [°C]	8-14	12	6-8
Relatieve vochtigheid [%]	60-90	75	96

C Niveauverloop en spectrogrammen

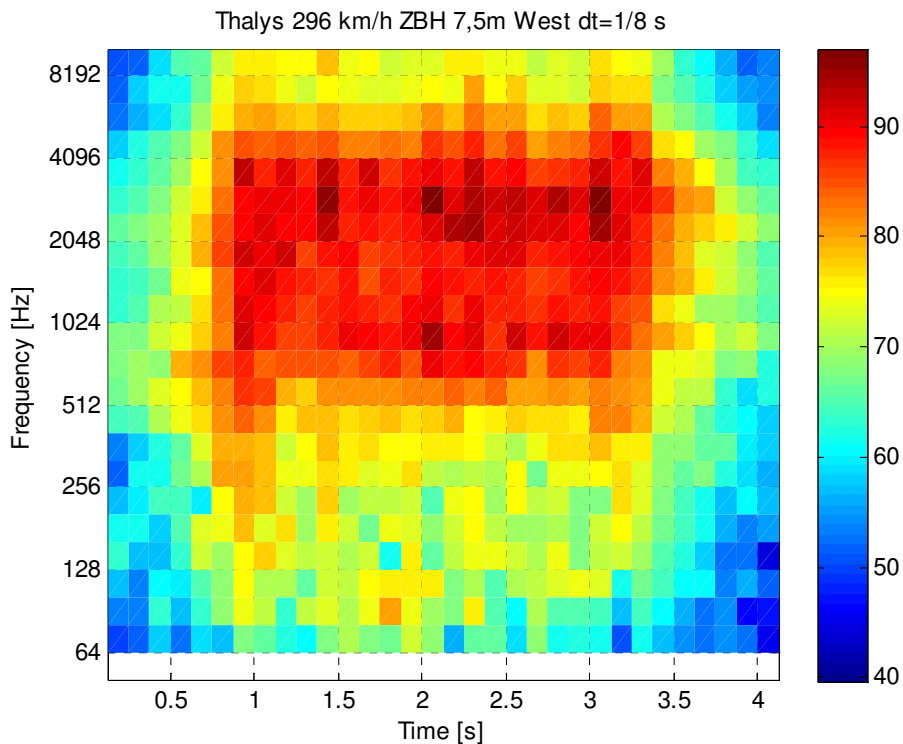
Op de volgende pagina's staan achtereenvolgens het verloop van het A-gewogen niveau en het A-gewogen spectrogram in eenderde octaafbanden van de geluiddruk op 7,5 meter afstand en van de trillingsnelheid.

De passages zijn allen op de locatie Zevenbergsche Hoek, en van de volgende treinen en snelheden:

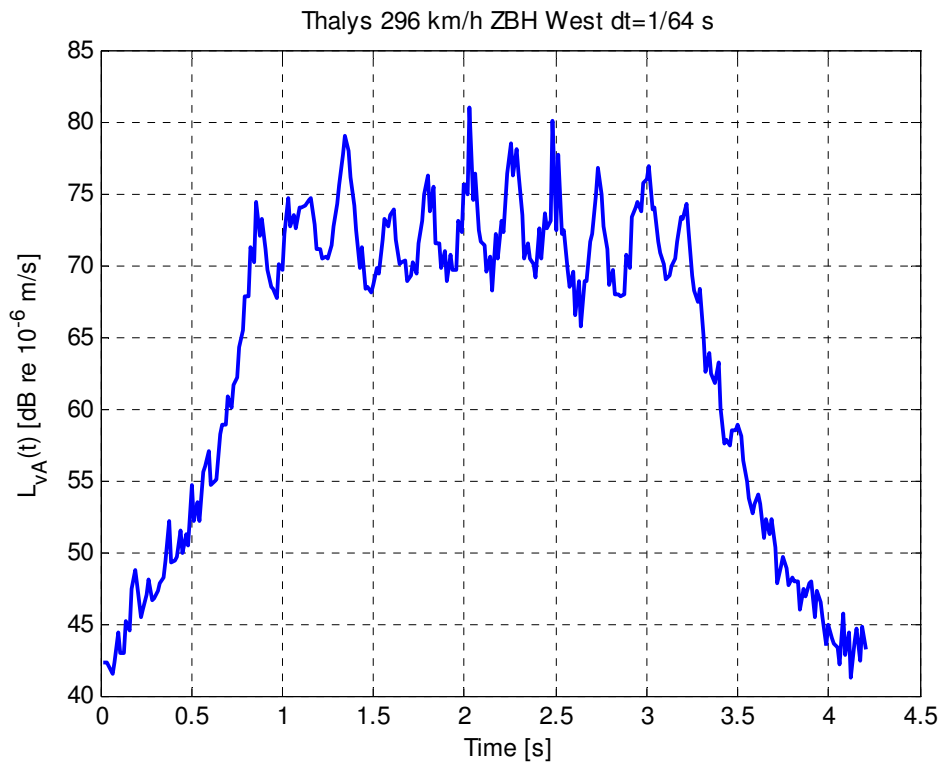
- Thalys bij 296 km/h en 167 km/h
- V250 bij 251 km/h en 167 km/h.



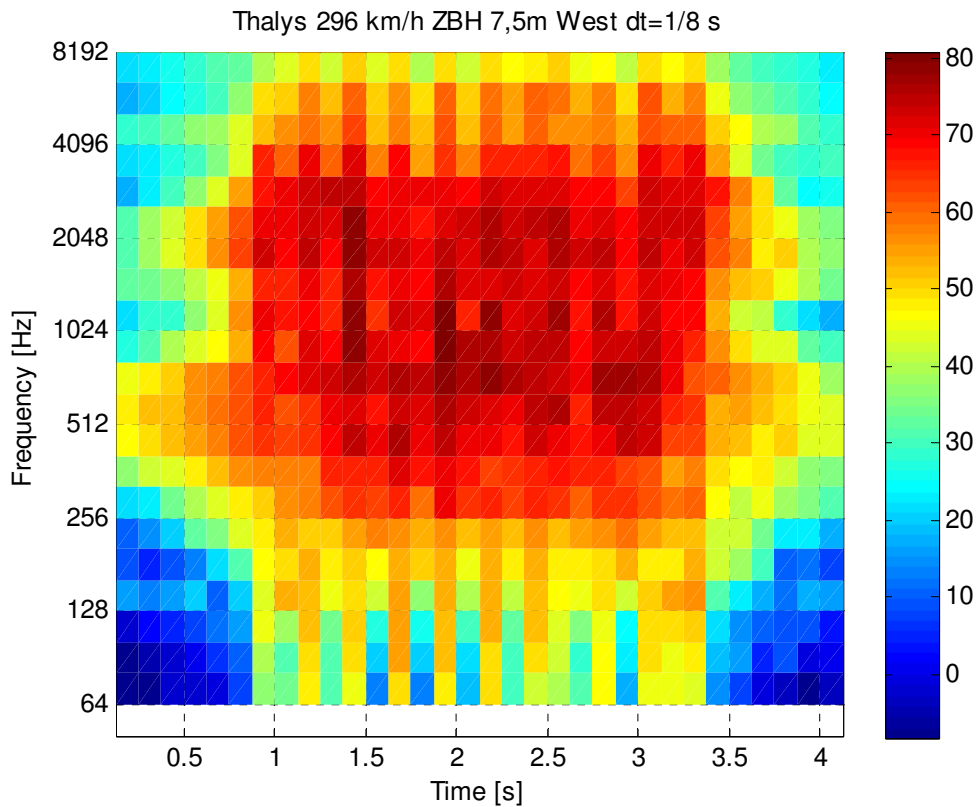
Figuur C.1: Niveauperloop van het A-gewogen geluidrukniveau op 7,5 m afstand van het spoor, passage van de Thalys in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 296 km/h.



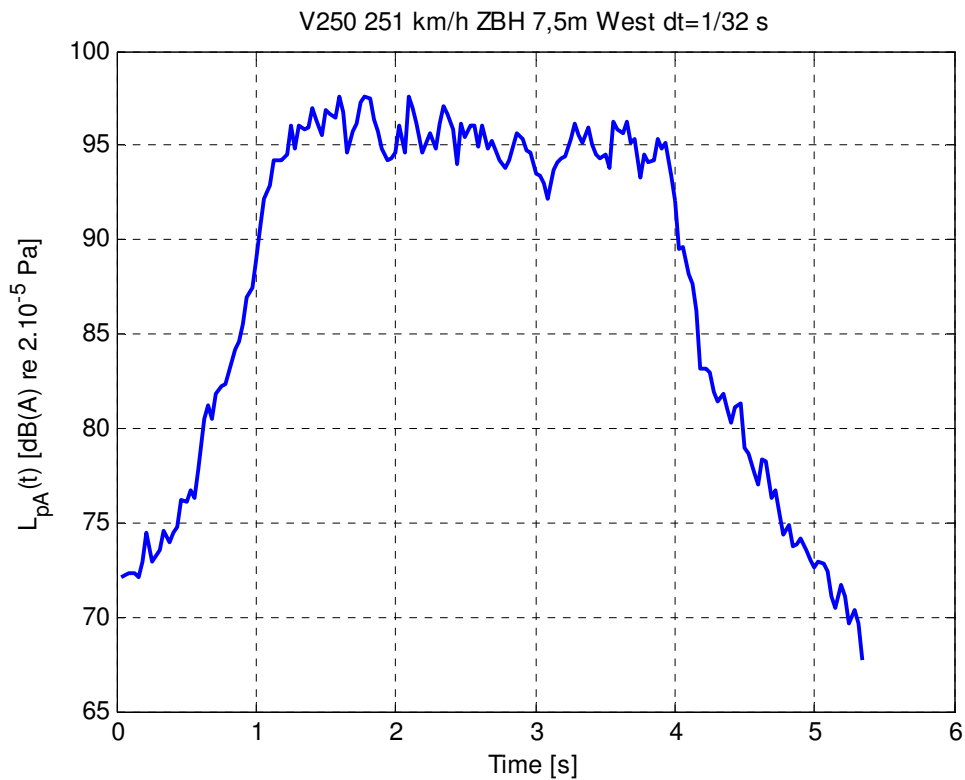
Figuur C.2: Spectrogram van het A-gewogen geluidrukniveau op 7,5 m afstand van het spoor, passage van de Thalys in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 296 km/h.



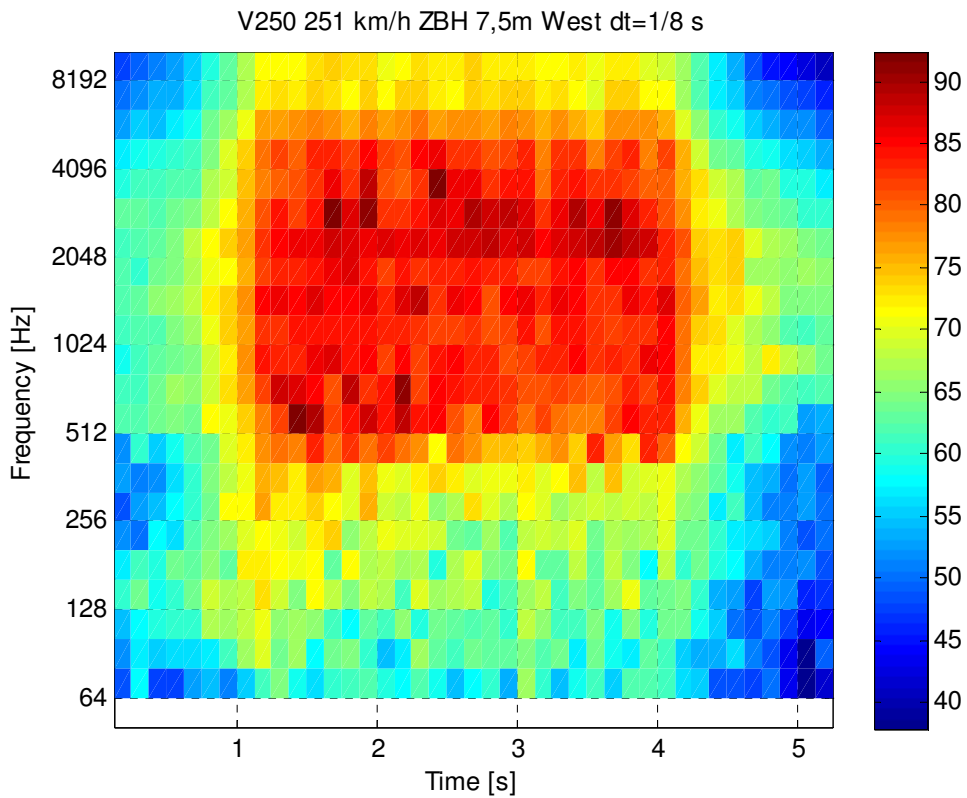
Figuur C.3: Niveauperloop van de A-gewogen verticale trillingssnelheid van de rail, passage van de Thalys in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 296 km/h.



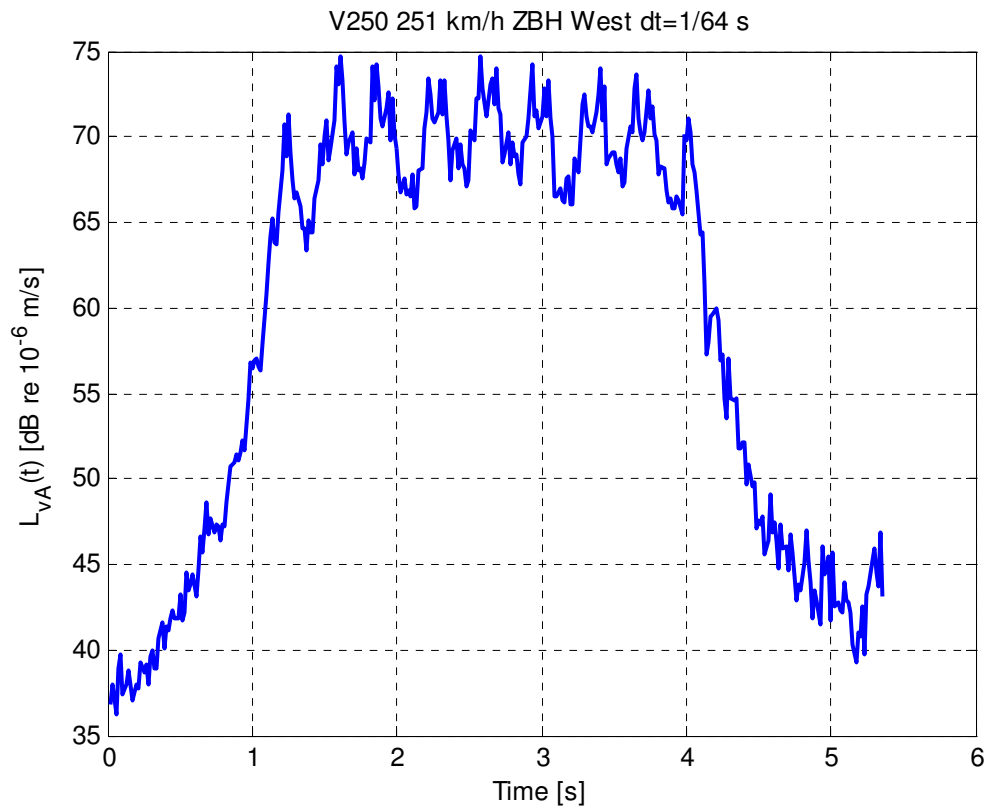
Figuur C.4: Spectrogram van de A-gewogen verticale trillingssnelheid van de rail, passage van de Thalys in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 296 km/h.



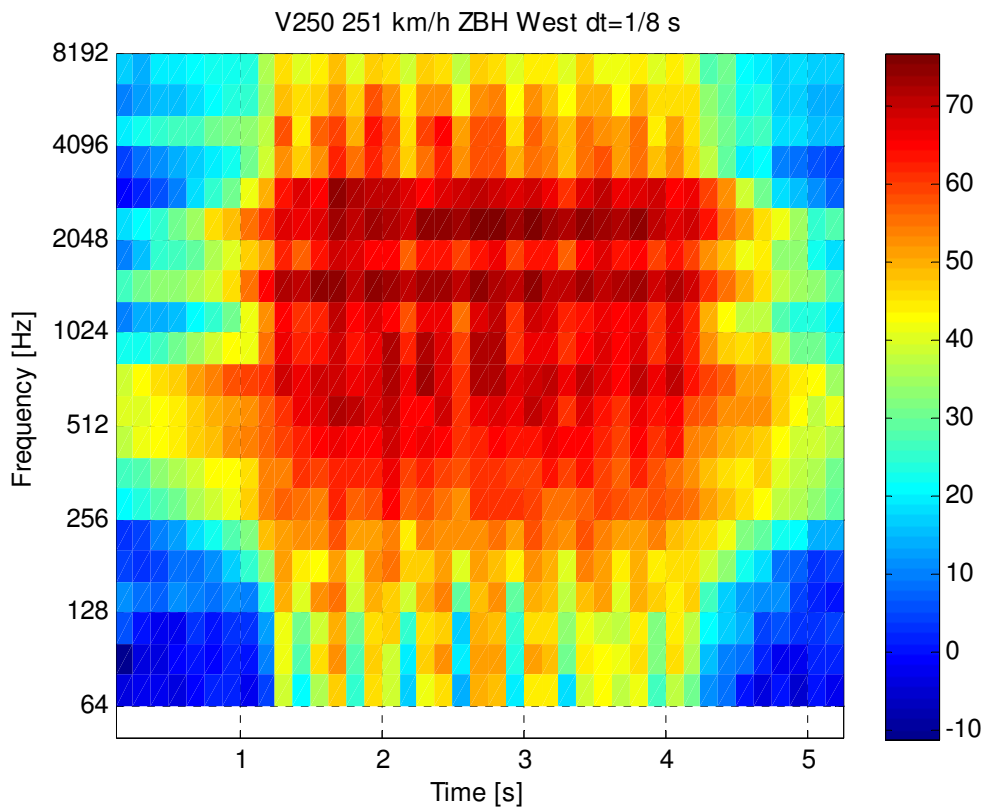
Figuur C.5: Niveauperloop van het A-gewogen geluidrukniveau op 7,5 m afstand van het spoor, passage van de V250 in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 251 km/h.



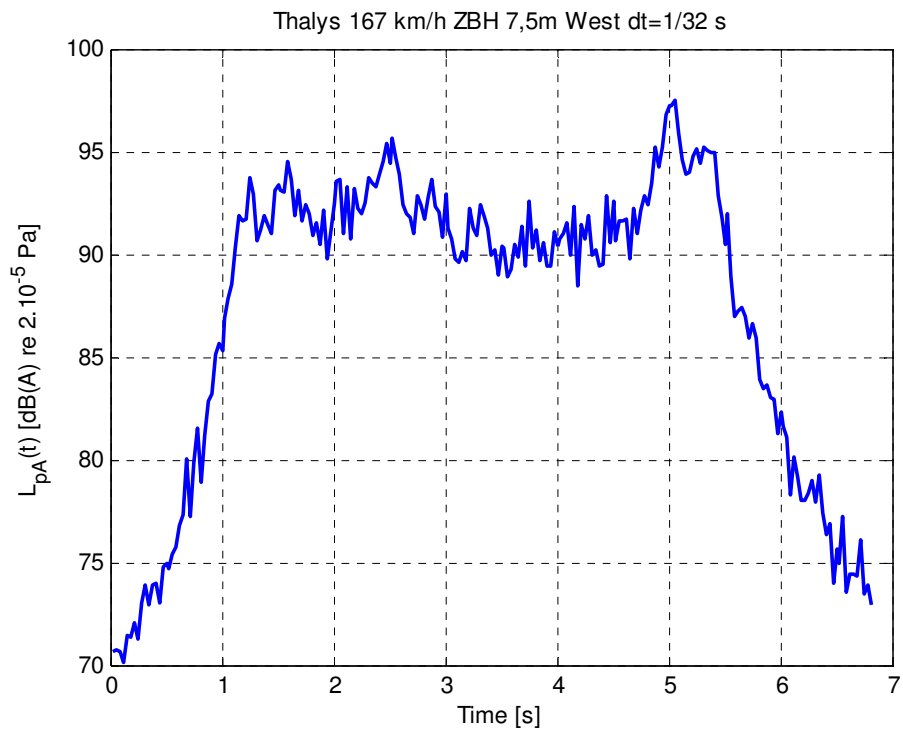
Figuur C.6: Spectrogram van het A-gewogen geluidrukniveau op 7,5 m afstand van het spoor, passage van de V250 in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 251 km/h.



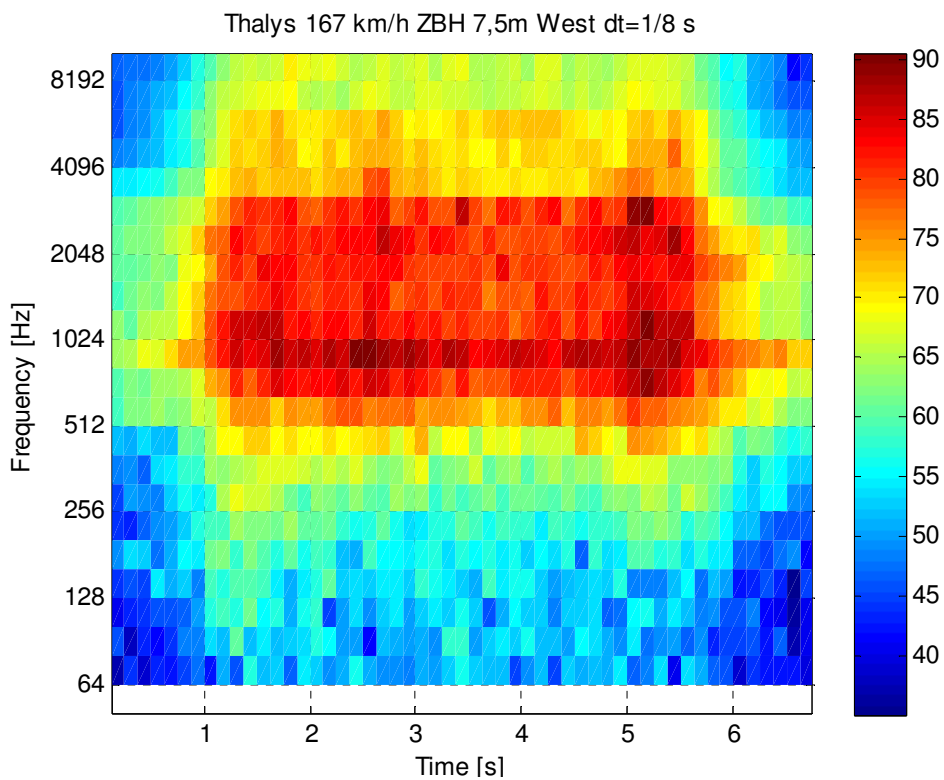
Figuur C.7: Niveauperloop van de A-gewogen verticale trillingssnelheid van de rail, passage van de V250 in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 251 km/h.



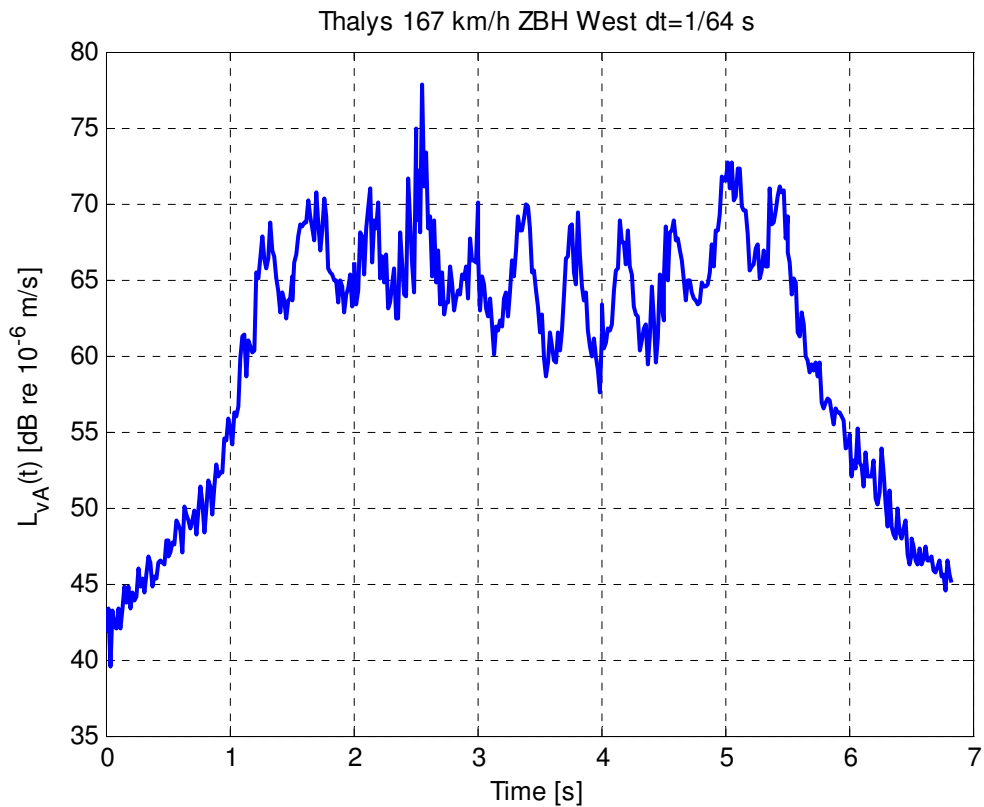
Figuur C.8: Spectrogram van de A-gewogen verticale trillingssnelheid van de rail, passage van de V250 in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 251 km/h.



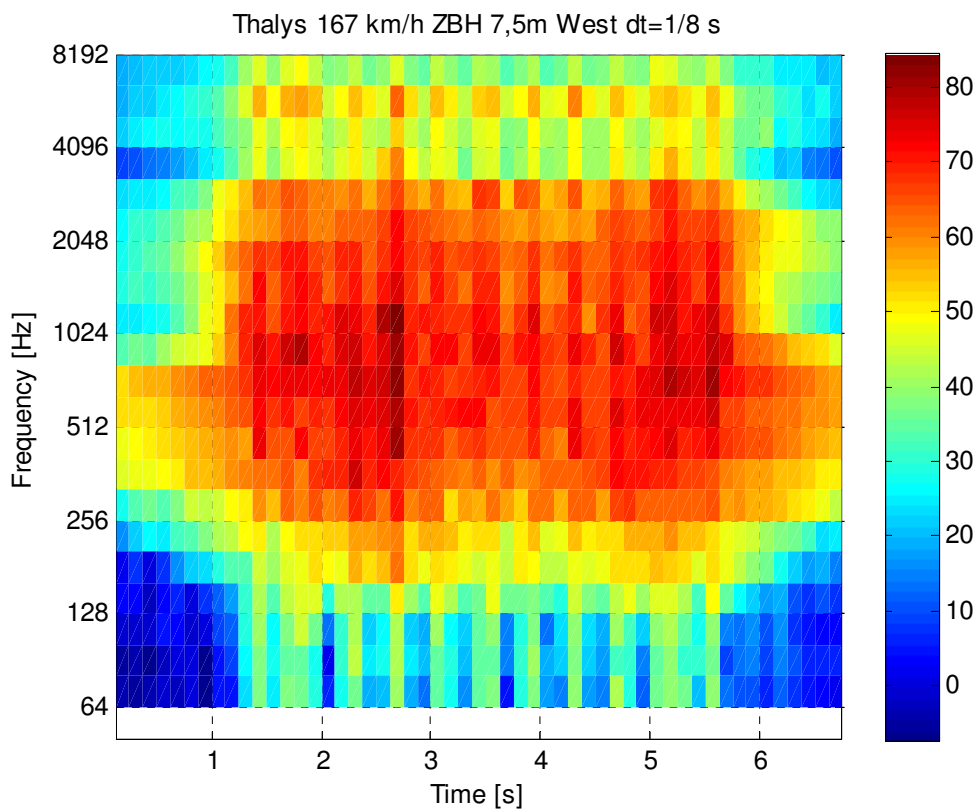
Figuur C.9: Niveauperloop van het A-gewogen geluiddrukkniveau op 7,5 m afstand van het spoor, passage van de Thalys in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 167 km/h.



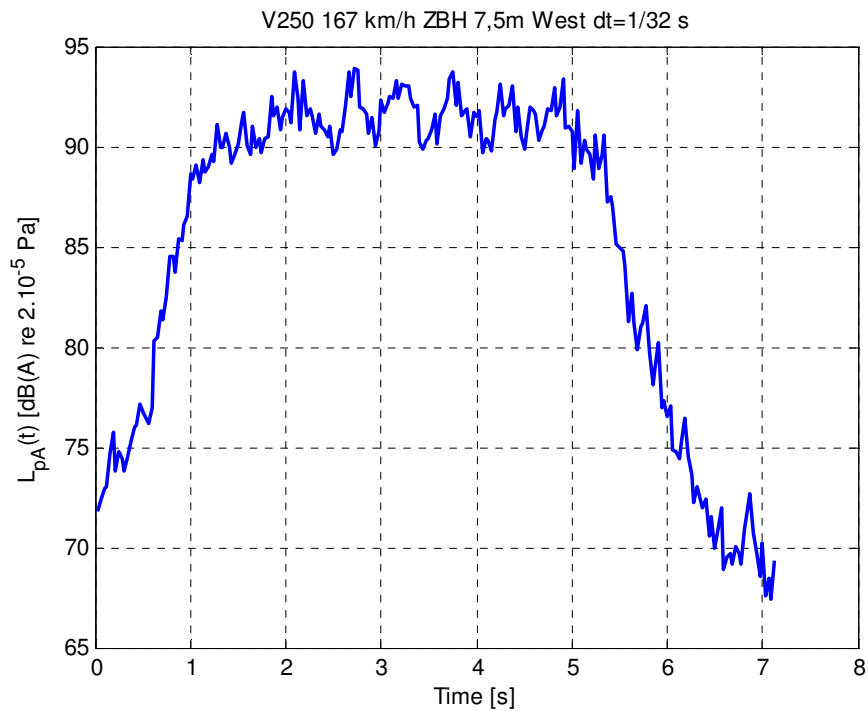
Figuur C.10: Spectrogram van het A-gewogen geluiddrukkniveau op 7,5 m afstand van het spoor, passage van de Thalys in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 167 km/h.



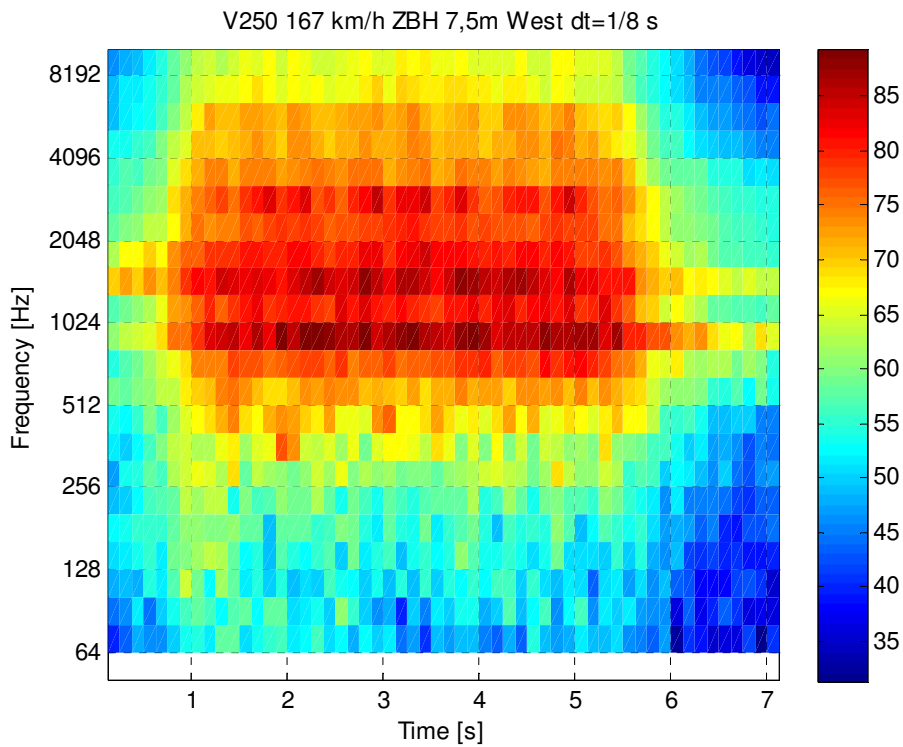
Figuur C.11: Niveauperloop van de A-gewogen verticale trillingssnelheid van de rail, passage van de Thalys in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 167 km/h.



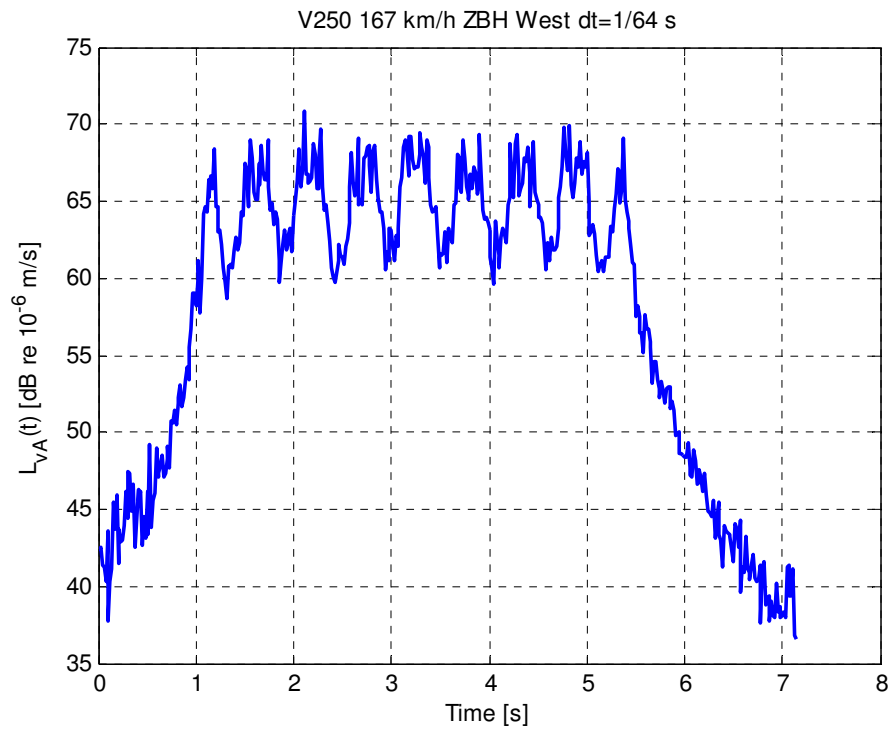
Figuur C.12: Spectrogram van de A-gewogen verticale trillingssnelheid van de rail, passage van de Thalys in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 167 km/h.



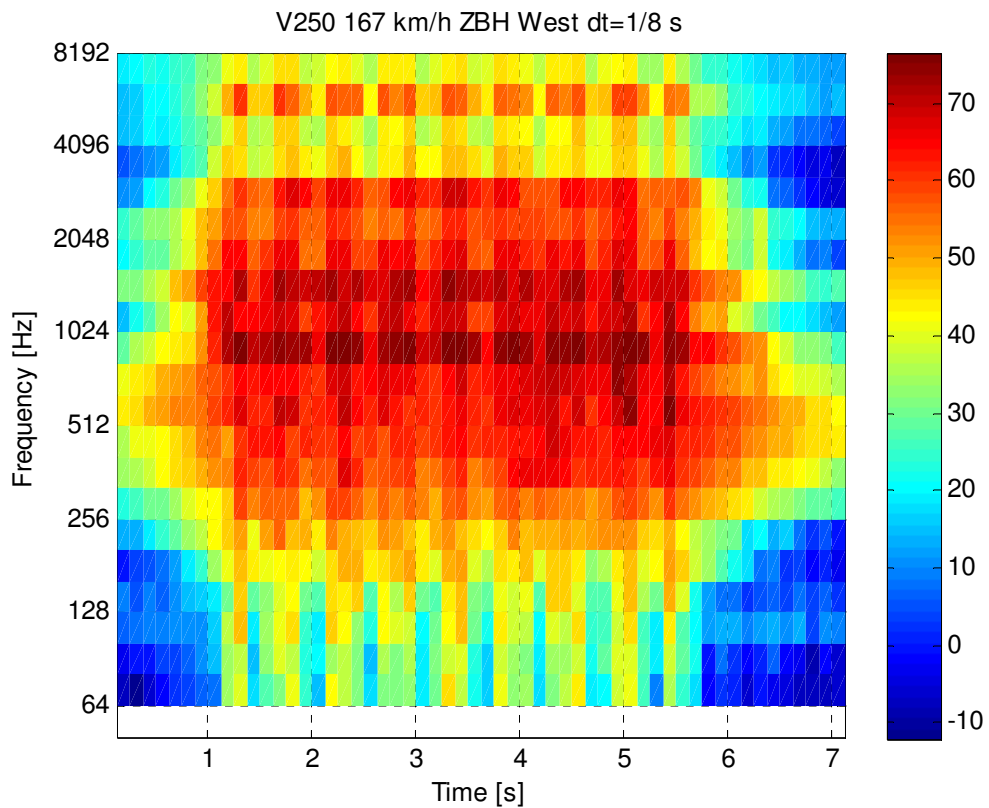
Figuur C.13: Niveauperloop van het A-gewogen geluidrukniveau op 7,5 m afstand van het spoor, passage van de V250 in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 167 km/h.



Figuur C.14: Spectrogram van het A-gewogen geluidrukniveau op 7,5 m afstand van het spoor, passage van de V250 in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 167 km/h.



Figuur C.15: Niveauperloop van de A-gewogen verticale trillingssnelheid van de rail, passage van de V250 in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 167 km/h.



Figuur C.16: Spectrogram van de A-gewogen verticale trillingssnelheid van de rail, passage van de V250 in Zevenbergschen Hoek op het westspoor richting Rotterdam bij 167 km/h.