

Rapport

Onderzoek naar de te verwachten trillingniveaus in de
geprojecteerde woonbebouwing ter hoogte van het spoor- en
stationsgebied te Geldrop.

Rapportnummer O 135-4 d.d. 22 februari 2006

Lid ONRI
ISO-9001: 2000 gecertificeerd

Opdrachtgever: Woningbouwvereniging Beter Wonen Patrimonium
Rapportnummer: O 135-4
Datum: 22 februari 2006
Ref.: FK/FvE/KS/O 135-4-RA

Peutz bv
Paletsingel 2, Postbus 696
2700 AR Zoetermeer
Tel. (079) 347 03 47
Fax (079) 361 49 85
info@zoetermeer.peutz.nl

Peutz bv
Lindenlaan 41, Molenhoek
Postbus 66, 6585 ZH Mook
Tel. (024) 357 07 07
Fax (024) 358 51 50
info@mook.peutz.nl

Peutz GmbH
Kolberger Strasse 19
40599 Düsseldorf
Tel. +49 211 999 582 60
Fax +49 211 999 582 70
dus@peutz.de

Peutz S.A.R.L.
34 Rue de Paradis
75010 Paris
Tel. +33 1 452 305 00
Fax +33 1 452 305 04
peutz@club-internet.fr

Peutz bv
PO Box 32268
London W5 2ZA
Tel. +44 20 88 10 68 77
Fax +44 20 88 10 66 74
peutz.london@liscali.co.uk

www.peutz.nl

Opdrachten worden aanvaard
en uitgevoerd volgens de
'Regeling van de verhouding
tussen opdrachtgever en
adviserend ingenieursbureau'
(RVOI-2001). Ingeschreven
KvK onder nummer 12028033
BTW identificatienummer
NL004933837B01

Inhoud

pagina

1. INLEIDING EN SAMENVATTING	3
2. UITGANGSPUNTEN	4
2.1. Locatie en situering	4
2.2. Intensiteiten railverkeer	4
2.3. Streefwaarden	4
3. METINGEN	6
3.1. Meetinstrumenten en meetmethoden	6
3.2. Trillingniveaumetingen	6
4. BEREKENINGEN	7
4.1. Bepaling van trillingsnelheid voor representatieve passages	7
4.2. Frequentie voertuigpassages	7
4.3. Trillingsterkte over de beoordelingsperiode in de geprojecteerde woonbebouwing	8
5. BEOORDELING	10

Bijlage I: resultaten trillingmetingen

1. INLEIDING EN SAMENVATTING

In opdracht van Woningbouwvereniging Beter Wonen Patrimonium is een onderzoek uitgevoerd naar de te verwachten trillingniveaus ten gevolge van railverkeer ter plaatse van geprojecteerde woningbouw ter hoogte van het spoor- en stationsgebied te Geldrop (verder genoemd de geprojecteerde woonbebouwing).

Middels trillingmetingen zijn d.d. 7 april 2005 ter hoogte van de locatie waar de geprojecteerde woonbebouwing wordt gesitueerd de trillingsnelheden in kaart gebracht. Op basis van de meetresultaten zijn, gebruik makend van ervaringsgegevens, de te verwachten trillingsnelheden vanwege het railverkeer in de geprojecteerde woonbebouwing berekend.

De berekende trillingsnelheden in de geprojecteerde woonbebouwing worden getoetst aan de in de Richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijnen" van de Stichting Bouwresearch (SBR) opgenomen van toepassing zijnde streefwaarden.

Uit onderhavig onderzoek volgt dat de in de SBR opgenomen streefwaarden in de toekomstige situatie naar verwachting zullen worden overschreden.

Teneinde de trillingsnelheden in de geprojecteerde woonbebouwing te reduceren, wordt in onderhavig onderzoek globaal ingegaan op in principe mogelijke trillingisolerende voorzieningen. Gelet op de complexiteit van onderhavige trillingsituatie wordt geadviseerd in een nadere advisering de (noodzakelijkheid van de) additionele trillingisolerende voorzieningen meer in detail te beschouwen.

2. UITGANGSPUNTEN

2.1. Locatie en situering

Ter hoogte van het spoor- en stationsgebied te Geldrop is Woningbouwvereniging Beter Wonen Patrimonium voornemens diverse woningen, c.q. wooncomplexen te realiseren.

In figuur 1 is de situering van onderhavig plangebied weergegeven.

De hoogbouw ten noordwesten van het station Geldrop is op ca. 15 meter afstand van het meest nabijgelegen (bereden) spoor gesitueerd. De woningen ten zuidwesten van het spoortraject Eindhoven - Weert zijn op verschillende afstanden van het spoor geprojecteerd (variërend van 10 tot 20 meter afstand van het meest nabijgelegen spoor). Opgemerkt dient te worden dat het meest nabijgelegen spoor voor laatstgenoemde woningen thans niet wordt bereden. Het spoor dat wel bereden wordt, is ca. 10 meter verder gesitueerd.

2.2. Intensiteiten railverkeer

De intensiteiten van het railverkeer op het traject Eindhoven - Weert kunnen worden ontleend aan de meest recente uitgave van het Akoestisch Spoorboekje. In tabel 1 zijn voor huidige situatie en de toekomstige situatie (peiljaar 2010) per periode de intensiteiten weergegeven in het aantal bakken per uur.

Tabel 1 Overzicht intensiteiten (bakken per uur) van het railverkeer op het traject Eindhoven - Weert en vice versa).

Omschrijving periode	Intensiteit 2005 in bakken per uur					Intensiteit 2010 in bakken per uur			
	Cat. 2 ICR/ICM	Cat. 4 Cargo	Cat. 5 DE	Cat. 8 IRM/DDN	Overig	Cat. 2 ICR/ICM	Cat. 4 Cargo	Cat. 8 IRM/DDN	Cat 10 ICE
Dagperiode (07.00 - 19.00 uur)	49,97	8,6	15,9	1,8	0,83	26	38,14	88	32,00
Avondperiode (19.00 - 23.00 uur)	47,42	10,65	16,13	0,12	0,57	52	58,96	20	32,00
Nachtperiode (23.00 - 07.00 uur)	6,34	10,59	2,24	1,54	2,66	9,76	36,68	3,76	6,00

2.3. Streefwaarden

De trillingsnelheden vanwege het weg- en railverkeer ter plaatse van de geprojecteerde woonbebouwing zullen worden getoetst aan de in de Richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijnen" van de Stichting Bouwresearch (SBR-B) opgenomen van toepassing zijnde streefwaarden.

Conform de SBR-B dienen voor nieuwe situaties en bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd, waarvan in onderhavige situatie sprake is, de in tabel 2 weergegeven streefwaarden te worden gehanteerd.

Tabel 2 Overzicht streefwaarden conform de SBR-B voor herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd in woningbouw.

Omschrijving periode	A ₁	A ₂	A ₃
Dagperiode (07.00 - 19.00 uur)	0,1	0,4	0,05
Avondperiode (19.00 - 23.00 uur)	0,1	0,4	0,05
Nachtperiode (23.00 - 07.00 uur)	0,1	0,2	0,05

Waarbij A₁ de streefwaarde betreft voor de trillingsnelheid $V_{\max}$, A₂ de hoogste streefwaarde voor de trillingsnelheid $V_{\max}$ en A₃ de streefwaarde voor de trillingsnelheid V_{per} .

Ten aanzien van de in de geprojecteerde woonbebouwing optredende trillingen kan worden opgemerkt dat de waarde van de maximale trillingsnelheid $V_{\max}$ lager dient te zijn dan A₁, volgens tabel 2. Indien dit niet het geval is dient enerzijds de waarde van de maximale trillingsnelheid $V_{\max}$ lager te zijn dan A₂, volgens tabel 2, en anderzijds dient de trillingsnelheid over de gehele beoordelingsperiode V_{per} lager te zijn dan A₃, eveneens volgens tabel 2.

Opgemerkt dient te worden dat bovengenoemde streefwaarden geen wettelijke grenswaarden betreffen.

3. METINGEN

3.1. Meetinstrumenten en meetmethoden

De trillingmetingen zijn voorzover mogelijk uitgevoerd conform de Richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijnen" van de Stichting Bouwresearch (SBR-B).

De trillingmetingen te Geldrop zijn uitgevoerd met behulp van de volgende instrumenten:

- Trillingmeter, fabrikaat Brüel & Kjær, type 2511 en 2635;
- Trillingopnemer, fabrikaat Brüel & Kjær, type 4370;
- Trillingmetercalibrator, fabrikaat Brüel & Kjær, type 4809;
- Digital Audio Tape (DAT) Recorder, fabrikaat Sony, type TCD-D10, 2 kanalen.

In het laboratorium werden de metingen geanalyseerd met behulp van:

- Digital Audio Tape (DAT) recorder, fabrikaat Sony, type TCD-D10, 2 kanalen;
- Level Recorder, fabrikaat Brüel & Kjær, type 2306;
- Real Time Analyser, fabrikaat Norwegian Electronics, type RTA 830.

De nauwkeurigheid van de trillingopnemer en trillingmeter is, conform opgave van Brüel & Kjær, beter dan 5%. De trillingsnelheid op de trillingmetercalibrator bedraagt effectief 14,1 mm/s bij 80 Hz.

3.2. Trillingniveaumetingen

Op 7 april 2005 zijn van 10.00 tot en met 15.30 uur ter hoogte van de locatie van de geprojecteerde woonbebouwing trillingmetingen verricht. De metingen zijn verricht in een viertal beoordelingsposities (zie tabel 3), gebruik makend van een zogenaamde grondpen. In figuur 1 is globale situering van de meetposities weergegeven.

Tabel 3 Overzicht meetposities

Omschrijving	afstand tot bereden spoor [m]
Positie 1	ca. 15
Positie 2	ca. 25
Positie 3	ca. 30
Positie 4	ca. 40

In bijlage I is de maximale effectieve trillingsnelheid ($v_{\text{eff,max}}$) voor de gemeten treinpassages weergegeven. De metingen zijn uitgevoerd in de meterstand "fast". In figuur 2 is voor een aantal treinpassages de effectieve trillingsnelheid in het tijddomein weergegeven.

4. BEREKENINGEN

4.1. Bepaling van trillingsnelheid voor representatieve passages

Op basis van de gemeten effectieve trillingsnelheden vanwege de diverse soorten treinen kan het kwadratisch gemiddelde van de maximale effectieve trillingsnelheid $v_{\text{eff,max}}$ ter hoogte van de beoordelingsposities worden bepaald. De berekende waarden zijn weergegeven in tabel 4.

Daar vanwege variërende snelheid, belading, rijrichting e.d. enige spreiding op zal treden tussen de diverse metingen, is eveneens de maximale effectieve trillingsnelheid bepaald die door 90 procent van de voertuigpassages niet wordt overschreden, de 90-percentielwaarde. Op deze wijze wordt een bovengrens aangegeven van de optredende trillingniveaus. De berekende waarden zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4 Overzicht van de berekende maximale effectieve trillingsnelheid $v_{\text{eff,max}}$ in mm/s.

Voertuigpassage	Kwadratisch gemiddelde van $v_{\text{eff,max}}$				$v_{\text{eff,max}}$ als 90-percentiel			
	Pos 1 15 m	Pos 2 25 m	Pos 3 30 m	Pos 4 40 m	Pos 1 15 m	Pos 2 25 m	Pos 3 30 m	Pos 4 40 m
Intercity	0,36	0,26	0,27	0,16	0,39	0,32	0,32	0,19
Stoptrein	0,15	0,12	0,12	0,06	0,17	0,13	0,14	0,07
Goederentrein	0,35	0,29	0,28	-	0,39	0,33	0,32	-

4.2. Frequentie voertuigpassages

Op basis van de dienstregeling, de intensiteiten uit het Akoestisch Spoorboekje (zie paragraaf 2.2, tabel 1) alsmede waarnemingen ter plaatse tijdens de trillingmetingen kan de frequentie van de treinpassages in de verschillende beoordelingsperioden worden herleid.

Ten aanzien van de prognose voor de toekomstige situatie dient te worden opgemerkt dat het niet geheel inzichtelijk is hoe de treinstellen zullen worden opgebouwd. Bij het herleiden van de frequenties van de treinpassages is verondersteld dat het gemiddeld aantal bakken per trein(soort) per periode iets zal toenemen ten opzichte van de huidige situatie.

In tabel 5 is de voor onderhavig onderzoek gehanteerde frequentie van voertuigpassages weergegeven (afgerond naar boven op een geheel aantal passages per uur).

Tabel 5 Frequentie van voertuigpassages per uur voor beide richtingen samen.

Treintype	Frequentie per uur 2005			Frequentie per uur 2010		
	Dagperiode (07.00-19.00 uur)	Avondperiode (19.00-23.00 uur)	Nachtperiode (23.00-07.00 uur)	Dagperiode (07.00-19.00 uur)	Avondperiode (19.00-23.00 uur)	Nachtperiode (23.00-07.00 uur)
Intercity	4	4	1	6	6	2
Stoptrein	4	4	1	6	6	2
Goederentrein	2	2	2	2	2	2

4.3. Trillingsterkte over de beoordelingsperiode in de geprojecteerde woonbebouwing

Op basis van de berekende maximale effectieve trillingsnelheid $v_{\text{eff,max}}$ die door 90 procent van de passages niet wordt overschreden, zie tabel 4, en de vastgestelde frequentie van de voertuigpassages per uur (zie tabel 5) kan de trillingsnelheid over de beoordelingsperioden V_{per} worden bepaald. Hierbij is uitgegaan van het feit dat de passages korter duren dan een halve minuut en dat de trillingsnelheid tussen de passages lager is dan 0,1 mm/s (één en ander conform waarnemingen tijdens metingen).

In woningen treedt in het algemeen een hogere trillingsnelheid op dan in de bodem direct nabij de woning. Aanvullende overdrachtsfenomenen zoals overdracht naar het fundament en opslinging in (grote) vloerdelen spelen daarbij een rol. Op basis van ervaringsgegevens is de overdracht naar het fundament circa een factor 0,5. De opslinging van vloerdelen hangt af van eventuele samenvallende vloerresonanties met het excitatiespectrum van de treinpassages en kan circa een factor 3 bedragen.

Bovengenoemde factoren gecombineerd levert een factor 1,5 op (i.e. trillingniveaus in de geprojecteerde woonbebouwing (begane grond niveau) zijn ca. 1,5 maal hoger dan de trillingniveaus op de grondpen in de bodem).

Op basis van tabel 4 kan dan de maximale trillingsnelheid V_{max} in de geprojecteerde woonbebouwing worden vastgesteld. In tabel 6 is één en ander weergegeven. Opgemerkt dient te worden dat de in tabel 6 weergegeven posities 'virtuele' woningen betreffen, waarbij de gevel van de woning is gesitueerd op de in tabel 6 weergegeven afstand van het meest nabijgelegen (bereden) spoor.

Tabel 6 Overzicht berekende maximale trillingsnelheid $V_{\max}$ in de geprojecteerde woonbebouwing (90-percentiel waarde) (dag- avond- en nachtperiode gelijk).

Omschrijving	Pos 1 15 m	Pos 2 25 m	Pos 3 30 m	Pos 4 40 m
Railverkeer	0,6	0,5	0,5	0,3

In tabel 7 is berekende trillingsnelheid over de beoordelingsperioden V_{per} in de geprojecteerde woonbebouwing (begane grond) weergegeven.

Tabel 7 Overzicht berekende trillingsnelheid over de beoordelingsperioden V_{per} in de geprojecteerde woonbebouwing (begane grond).

Omschrijving periode	V_{per} in 2005				V_{per} in 2010			
	Pos 1 15 m	Pos 2 25 m	Pos 3 30 m	Pos 4 40 m	Pos 1 15 m	Pos 2 25 m	Pos 3 30 m	Pos 4 40 m
Dagperiode (07.00 - 19.00 uur)	0,14	0,11	0,11	0,06	0,16	0,13	0,13	0,08
Avondperiode (19.00 - 23.00 uur)	0,14	0,11	0,11	0,06	0,16	0,13	0,13	0,08
Nachtperiode (23.00 - 07.00 uur)	0,09	0,08	0,08	0,04	0,11	0,09	0,09	0,05

5. BEOORDELING

Uit de berekeningen volgt dat de maximale trillingsnelheid $V_{\max}$ in geprojecteerde woonbebouwing tot ca. 0,6 kan bedragen voor de woningen op ca. 15 meter afstand van het spoor en tot ca. 0,3 voor de woningen op ca. 40 meter van het spoor.

Aangezien de gevels van de geprojecteerde woonbebouwing in onderhavig plangebied op minder dan 30 meter van het meest nabij gesitueerde (bereden) spoor zijn gesitueerd, volgt uit de berekeningen dat de conform de SBR te hanteren streefwaarden A_1 en A_2 voor nieuwe situaties bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd, zie paragraaf 2.3, tabel 2, worden overschreden. De streefwaarde A_3 wordt eveneens overschreden.

Teneinde de (gecombineerde) streefwaarden uit de SBR te realiseren (zie paragraaf 2.3, tabel 2), dienen de trillingsnelheden tot circa een factor 3 (à 4) gereduceerd te worden. De benodigde reductie is afhankelijk van de afstand van de gevel tot het spoor. Indien de gevel woningen op een grotere afstand van het spoor zijn gesitueerd, is een kleinere reductie noodzakelijk.

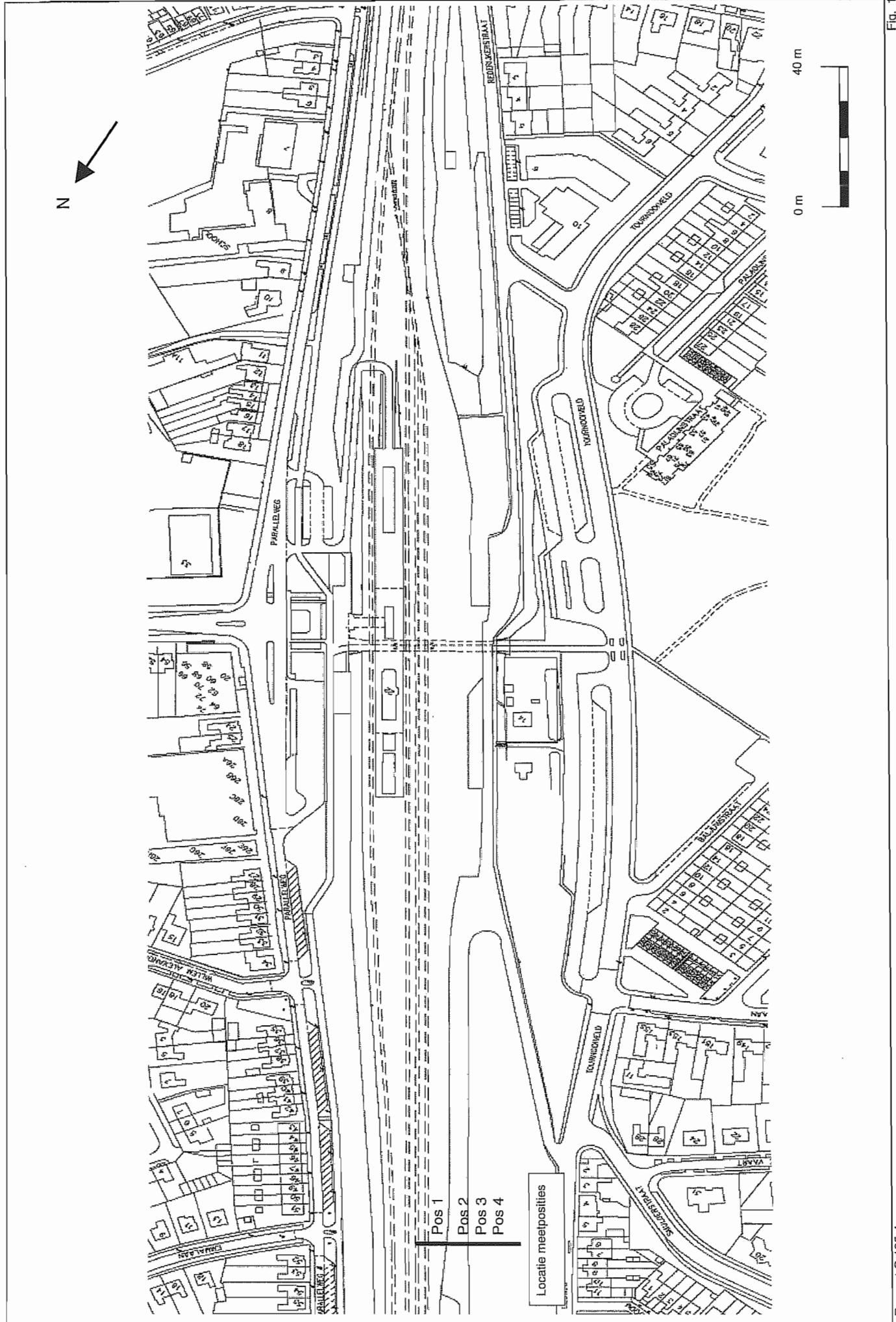
Als in principe mogelijke trillingisolerende voorziening kan worden aangegeven het aanbrengen van een flexibel materiaal tussen de fundering en de opbouw van de geprojecteerde woonbebouwing. Deze trillingisolator kan enerzijds bestaan uit matten gemaakt van polyurethaanschuim, rubber of kurkachtige stoffen. Genoemde matten kunnen eventueel dienen als bekisting ten behoeve van het storten van beton. Anderzijds kan de trillingisolator bestaan uit losse (stalen of rubber) veren of veerpakketten. Deze losse veren behoeven een extra bekisting ten behoeve van het storten van beton. De met voornoemde voorzieningen realiseerbare afveerfrequentie bedraagt normaliter ca. 7 à 9 Hz. Voorts kan worden overwogen de woningen op een grotere afstand van het spoor te realiseren.

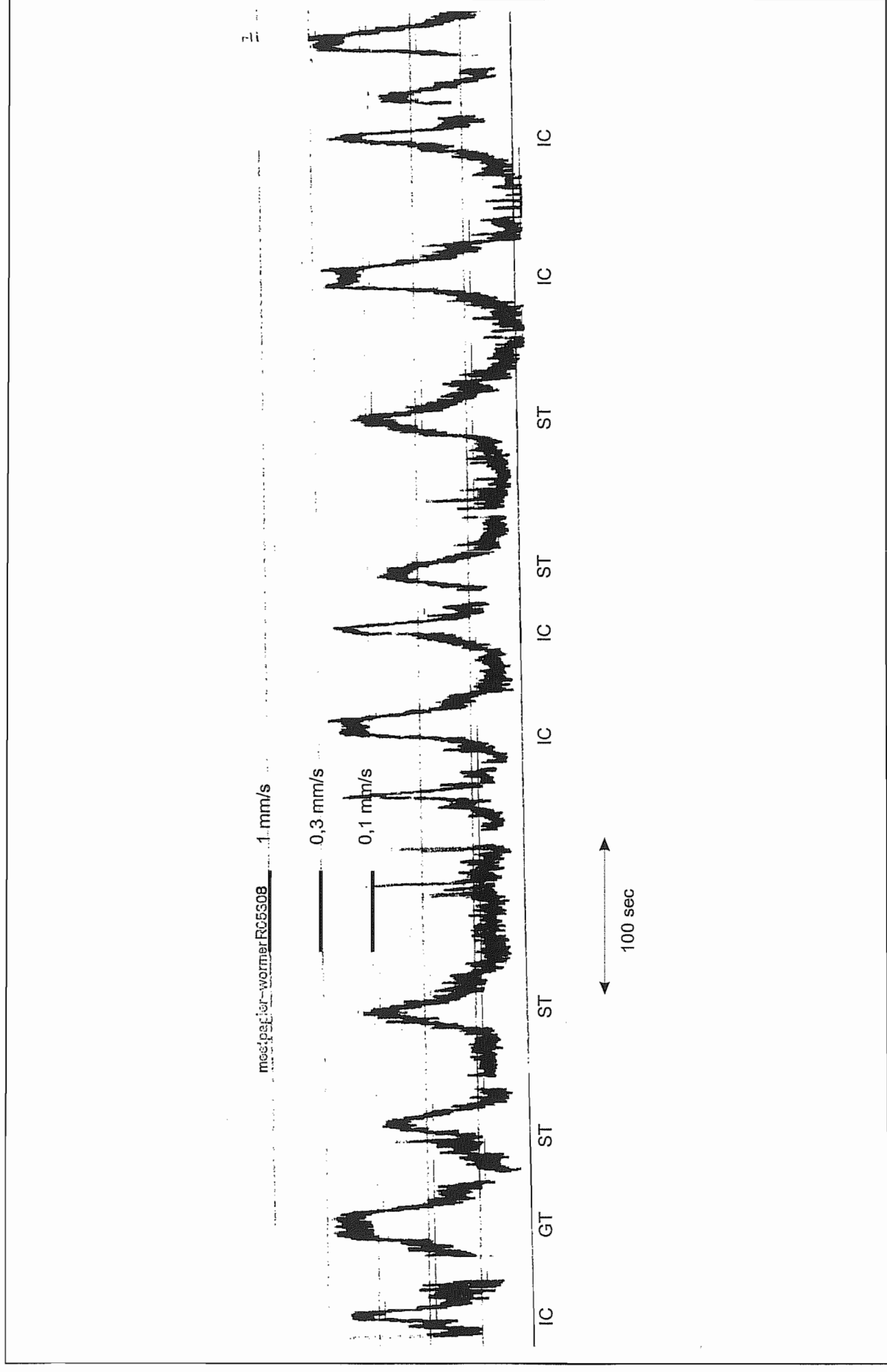
Gelet op de complexiteit van onderhavige trillingsituatie, wordt geadviseerd in een nadere advisering de (additionele) trillingisolerende voorzieningen meer in detail te beschouwen. Hierbij kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van de Eindige Elementen Methode. Middels deze berekeningen kan rekening gehouden worden met locatie- en project specifieke eigenschappen (methode van fundatie, aanwezigheid van stijve kelders, specifieke bodemeigenschappen e.d.). Hierdoor kan de predictie van de te verwachten trillingniveaus meer nauwkeurig worden uitgevoerd. Uit deze berekeningen kan mogelijk alsnog volgen dat, rekening houdend met de kosten van de trillingreducerende voorzieningen (kosteneffectiviteit), de trillingniveaus nog juist als acceptabel kunnen worden gekwalificeerd.

Dit rapport bestaat uit:

10 pagina's, 2 figuren en 1 bijlage.

Mook,





Tijd	Trein	Maximale effectieve trillingsnelheid in mm/s			
		Positie 1 15 m	Positie 2 25 m	Positie 3 30 m	Positie 4 40 m
10:03	EW IC	-	0.28	0.25	0.13
10:10	EW ST	-	0.07	0.10	0.04
10:14	EW ST	-	0.05	0.07	0.03
10:23	WE ST	-	0.16	0.18	0.08
10:27	WE IC	-	0.35	0.33	0.24
10:44	EW IC	-	0.30	0.33	0.14
10:47	EW ST	-	0.10	0.11	0.05
10:52	WE ST	-	0.14	0.16	0.07
11:04	EW IC	-	0.22	0.28	0.11
10:07	WE IC	-	0.11	0.13	0.09
11:12	EW ST	-	0.08	0.09	0.06
11:22	WE ST	-	0.16	0.16	0.07
11:28	WE IC	-	0.40	0.40	0.22
11:41	EW IC	-	0.18	0.21	-
11:44	WE GT	-	0.28	0.28	-
11:47	EW ST	0.14	0.09	0.11	-
11:51	WE ST	0.20	0.13	0.15	-
11:54	EW GT	0.32	0.21	0.21	-
12:01	WE IC	0.42	0.25	0.30	-
12:02	EW IC	0.40	0.22	0.30	-
12:09	EW ST	0.11	0.08	0.09	-
12:23	WE ST	0.19	0.14	0.15	-
12:27	WE IC	0.42	0.27	0.30	-
12:34	EW IC	0.25	0.22	0.21	-
12:41	EW ST	0.13	0.07	0.08	-
12:57	WE IC	0.38	0.32	0.33	-
13:08	EW IC	0.32	0.22	0.22	-
13:13	EW ST	0.13	0.09	0.09	-
13:22	WE ST	0.13	0.11	0.11	-
13:28	WE IC	0.42	0.32	0.32	-
13:36	EW IC	0.25	0.20	0.21	-
13:42	WE GT	0.33	0.33	0.32	-
13:44	EW ST	0.13	0.10	0.10	-
13:53	WE ST	0.15	0.12	0.13	-
13:57	WE IC	0.45	0.25	0.32	-
14:06	EW IC	0.28	0.24	0.24	-
14:11	EW ST	0.10	0.08	0.08	-
14:22	WE ST	0.18	0.13	0.13	-
14:34	WE GT	0.40	0.32	0.32	-
14:39	EW IC	0.25	0.20	0.20	-
14:43	EW ST	0.12	0.10	0.10	-
14:53	WE ST	0.17	0.16	0.14	-
14:56	WE IC	0.33	0.25	0.25	-
15:02	EW IC	0.30	0.22	0.20	-
15:10	EW ST	0.13	0.09	0.08	-
15:23	WE ST	0.16	0.14	0.11	-
15:28	WE IC	0.45	0.28	0.27	-
15:33	EW IC	0.32	0.27	0.20	-