

Rapport 22110121.R01b

## Bestemmingsplan Leeuwarden - Barrahûs

- Onderzoek trillingsniveaus vanwege railverkeer -



Rapport 22110121.R01b

## Bestemmingsplan Leeuwarden - Barrahûs

- Onderzoek trillingsniveaus vanwege railverkeer -

*Datum:* 7 maart 2022

*Opdrachtgever:* Rho Adviseurs  
Postbus 150  
3000 AD Rotterdam

*Auteur:* J. Dijkstra (projectleider)

*Collegiale toets:* dhr. ir. R.G.W. Hendriks

### Noorman Hendriks Partners BV

*Hoofdvestiging en postadres*  
Paterswoldseweg 808  
9728 BM Groningen

*Vestiging Apeldoorn*  
Laan van Westenek 162  
7336 AV Apeldoorn

T 050 525 09 92  
E [info@noormanadvies.nl](mailto:info@noormanadvies.nl)  
I [www.noormanadvies.nl](http://www.noormanadvies.nl)

Bank rek.nr.  
NL05 INGB 0005 9657 21  
BTW NL008482627.B01

## Inhoud

<b>1  </b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2  </b>	<b>(Meet)situatie</b>	<b>5</b>
2.1	Algemeen	5
2.2	Meetsituatie	5
2.3	Spoorlijn	6
<b>3  </b>	<b>Toetsingscriteria hinderbeleving trillingen</b>	<b>6</b>
3.1	Algemeen	6
3.2	De trillingssterkte	7
3.3	Maximale trillingssterkte $V_{max}$	7
3.4	Trillingssterkte over de beoordelingsperiode $V_{per}$	7
3.5	Streefwaarden trillinghinder	7
3.6	Hinderkwalificatie	9
<b>4  </b>	<b>Trillingsmetingen</b>	<b>9</b>
4.1	Algemeen	9
4.2	Meetapparatuur	9
4.3	Meetresultaten	10
4.4	Representativiteit trillingsmetingen	10
4.5	Beoordeling bodemtrillingen	10
4.6	Dominante frequentie	11
<b>5  </b>	<b>Overdracht van bodemtrillingen naar bebouwing</b>	<b>11</b>
<b>6  </b>	<b>Conclusie</b>	<b>12</b>

## Figuren

- 1 Plangebied en meetlocaties

## Bijlagen

- 1 Toelichting op beoordelingsgrootheden (trillingssterkte en tijdgewogen signaal)
- 2 Overzicht meetresultaten en berekening  $V_{per}$
- 3 Overzicht meetresultaten en berekening  $V_{per}$ , inclusief overdrachtsverzwakking fundatiewijze (palen)

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem/haar worden gebruikt voor het doel waarvoor het is opgesteld. Niets uit dit document mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever en/of van Noorman Bouw- en milieu-advies. Kwaliteit en verbetering van product en proces zijn bij Noorman Bouw- en milieu-advies gewaarborgd middels een kwaliteitsmanagementsysteem volgens NEN-EN-ISO 9001:2015.

## 1 | Inleiding

In opdracht van Rho Adviseurs is een (indicatief) onderzoek uitgevoerd naar de te verwachten spoortrillingen binnen het plangebied Barrahûs.

Ten behoeve van het onderzoek zijn op 24 maart 2021 trillingsmetingen uitgevoerd langs de spoorlijn. De trillingsniveaus zijn getoetst aan de grenswaarden als gegeven in de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn 'Trillingen deel B – Hinder voor personen in gebouwen'.

## 2 | (Meet)situatie

### 2.1 Algemeen

Voor het in figuur 1 weergegeven gebied, gelegen langs de Brédyk onder Leeuwarden, is een bestemmingswijziging in voorbereiding waarmee ter plaatse woningbouw wordt mogelijk gemaakt. Het westelijke deel van het plangebied grenst aan de spoorlijn Leeuwarden – Heerenveen. Tussen de spoorlijn en de (woning)bouwlocaties binnen het plangebied is, als weergegeven in figuur 1, voorzien in een bebouwingsvrije zone.

### 2.2 Meetsituatie

Op 24 maart 2021 zijn trillingsmetingen uitgevoerd. Op twee meetlocaties zijn de op maaiveldniveau optredende trillingsniveaus (bodemtrillingen) vastgelegd ten gevolge van passerende treinen. De posities van de beide meetpunten is weergegeven in figuur 1. De meetpunten zijn geselecteerd in overleg met de opdrachtgever.

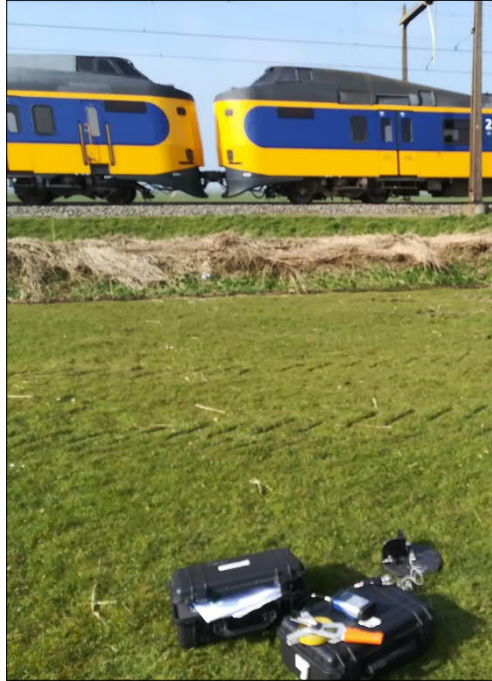
Meetlocatie 1 is gesitueerd op een met puin verhard voormalig pad (Kempenaersreed). De meetlocatie ligt iets verhoogd ten opzichte van de omliggende weilanden en is gesitueerd ter hoogte van de grens van de beoogde bebouwingsvrije zone. Een foto met de meetopstelling is gegeven in afbeelding 1.

Meetlocatie 2 is gesitueerd in het naastliggende weiland binnen de beoogde bebouwingsvrije zone, op een afstand van circa 6 meter tot de grens van deze zone. Een foto met de meetopstelling is gegeven in afbeelding 2.

Afbeelding 1: Meetopstelling, locatie 1



Afbeelding 2: Meetopstelling, locatie 2



## 2.3 Spoorlijn

De spoorlijn Leeuwarden – Heerenveen wordt geëxploiteerd door vervoersmaatschappij NS. Het totale aantal treinen/passages bedraagt bij de huidige dienstregeling ten hoogste 94 in de dagperiode (tussen 07.00 en 19.00 uur), 28 in de avondperiode (tussen 19.00 en 23.00 uur) en 15 in de nachtperiode (tussen 23.00 en 07.00 uur)<sup>1</sup>.

# 3 | Toetsingscriteria hinderbeleving trillingen

## 3.1 Algemeen

In Nederland bestaan op dit moment geen wettelijke regelingen en normen, die duidelijke grenswaarden met een beoordelingssysteem voor trillingen geven. Sinds 1993 is er wel de meet- en beoordelingsrichtlijn “Hinder voor personen in gebouwen”, waarin streefwaarden worden gegeven, waarbij redelijkerwijs mag worden aangenomen dat er geen hinder optreedt. De SBR-publicatie is in 2002 geactualiseerd.

---

<sup>1</sup> Bron: <https://www.ns.nl>

### 3.2 De trillingssterkte

Trillingshinder wordt beoordeeld op basis van de voortschrijdende effectieve waarde van de trillings-snelheid  $v_{\text{eff}}(t)$ . Deze wordt bepaald uit de gewogen momentane waarde  $v(t)$  volgens de in bijlage 1 gegeven formules. De weging correspondeert met de gevoeligheid van mensen voor trillingen.

$V_{\text{eff,max,30,i}}$  is de hoogste waarde van  $v_{\text{eff}}(t)$  over de duur van een meting per tijdsinterval (i) van 30 seconden.

### 3.3 Maximale trillingssterkte $V_{\text{max}}$

De maximale trillingssterkte  $V_{\text{max}}$  over de duur van een meting is de hoogste waarde van  $V_{\text{eff,max,30,i}}$ .

### 3.4 Trillingssterkte over de beoordelingsperiode $V_{\text{per}}$

De trillingssterkte over de beoordelingsperiode  $V_{\text{per}}$  is een maat voor het aantal en de hoogte van de trillingspieken, die binnen een dag(deel) voorkomen en kan worden gezien als een 'tijdgemiddelde waarde'.

De definitie van  $V_{\text{per}}$  en de bijbehorende formules zijn gegeven in bijlage 1.

### 3.5 Streefwaarden trillinghinder

Maatgevend voor de beoordeling van de trillingssterkte is de gemeten maximale trillingssterkte  $V_{\text{max}}$  en de 'gemiddelde' trillingssterkte over de beoordelingsperiode  $V_{\text{per}}$ . Voor de aan te houden streefwaarden wordt in de SBR-richtlijn onderscheid gemaakt tussen gebouwfuncties en functies van ruimten binnen gebouwen volgens onderstaande indeling:

- 1 gezondheidszorg;
- 2 wonen;
- 3 kantoor en onderwijs;
- 4 bijeenkomstgebouwen;
- 5 kritische werkruimten (laboratoria, operatiekamers, etc.).

Verder wordt rekening gehouden met de omstandigheden waarin de trillingen voorkomen:

- 1 continu voorkomende trillingen gedurende lange tijd;
- 2 herhaald voorkomend trillingen gedurende lange tijd door weg- en railverkeer;
- 3 continu of herhaald voorkomende trillingen gedurende een aaneengesloten tijdsduur, korter dan 3 maanden, door bouw- of sloopwerkzaamheden;
- 4 incidenteel voorkomende, kortdurende trillingen (explosies o.i.d.).

Bij de beoordeling van weg- en railverkeer wordt verder nog onderscheid gemaakt tussen bestaande situaties, gewijzigde situaties of nieuwe situaties. Van bestaande situaties wordt gesproken bij een bestaande bron en een bestaande ontvanger. Voor nieuwe situaties geldt dat er sprake is van een nieuwe bron of een nieuwe ontvanger. In voorliggende situatie, met de boogde bouw van nieuwe woningen binnen het plangebied, is sprake van een nieuwe situatie als bedoeld in de SBR-publicatie.

Volgens de SBR-publicatie valt spoorwegverkeer onder de categorie "herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd". De streefwaarden zijn afhankelijk van de gebouwfunctie en de omstandigheden waaronder de trillingen voorkomen. De aan te houden streefwaarden omvatten drie componenten:

- $A_1$  = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte  $V_{max}$ ;
- $A_2$  = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte  $V_{max}$ ;
- $A_3$  = streefwaarde voor trillingssterkte over de beoordelingsperiode  $V_{per}$ .

In gebouwen wordt voldaan aan de streefwaarden als is voldaan aan één van de volgende voorwaarden:

- de waarde van de maximale trillingssterkte  $V_{max}$  is kleiner of gelijk aan  $A_1$ ;
- de waarde van de maximale trillingssterkte  $V_{max}$  is kleiner of gelijk aan  $A_2$  en de trillingssterkte over de beoordelingsperiode  $V_{per}$  is kleiner of gelijk aan  $A_3$ .

In tabel 1 is een aan de SBR-publicatie (uitgave augustus 2002) ontleend overzicht gegeven van de streefwaarden  $A_1$ ,  $A_2$  en  $A_3$  voor herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd met betrekking tot hinder voor personen in nieuwe situaties. Deze waarden gelden zowel voor de verticale als de horizontale trillingsrichtingen. In voorliggende situatie zijn de streefwaarden voor 'wonen' van toepassing.

*Tabel 1: Streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd voor nieuwe situaties<sup>2</sup>*

Gebouwfunctie	Dag- en avondperiode			Nachtperiode		
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
1 Gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
2 Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
3 Onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
4 Bijeenkomst	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
5 Kritische werkruimte	0,1	0,1	--	0,1	0,1	--

<sup>2</sup> De streefwaarden zijn formeel dimensieloos. Praktisch gezien kunnen de waarden worden gelezen als trillingsnelheid in mm/s.



### 3.6 Hinderkwalificatie

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer.

*Tabel 2: Hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer*

$V_{\max}$ [mm/s]	Hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1 – 0,2	weinig hinder (bestaande situaties)
0,2 – 0,8	matige hinder
0,8 – 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

Het accepteren van (matige) hinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin de trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

## 4 | Trillingsmetingen

### 4.1 Algemeen

De meetlocaties zijn weergegeven in figuur 1. Per meetlocatie zijn 6 treinpassages gemeten. Er is daarmee sprake van een indicatief onderzoek. Als aangegeven in hoofdstuk 8.4.3 van de SBR-publicatie bedraagt de aanbevolen meetduur in het geval van rail- en wegverkeer tenminste een week.

### 4.2 Meetapparatuur

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd met de volgende apparatuur:

- APTech versnellingsopnemers, type AP2082;
- Sound & Vibration Analyser, SVAN958, SVANTEK;
- APTech Vibration Calibrator, type AT01.

De meetfiles zijn bewerkt met daartoe geëigende software.

De trillingsniveaus zijn gemeten in twee horizontale en de verticale meetrichting volgens:

- kanaal 1: meetrichting verticaal;
- kanaal 2: meetrichting horizontaal, loodrecht op de spoorbaan;
- kanaal 3: meetrichting horizontaal, parallel aan de spoorbaan.

### 4.3 Meetresultaten

De trillingsniveaus zijn vastgelegd als snelheidsniveaus in mm/s. De vastgestelde passageduur bedraagt ten hoogste 15 seconden bij een trein met twee treinstellen en valt daarmee binnen de tijd-stap van 30 s als beschreven in de SBR-B richtlijn.

Een overzicht van het per passage en tijdstap van 30 seconden ten hoogste gemeten trillingsniveau  $V_{\text{eff,max,30,i}}$  is per meetlocatie gegeven in bijlage 2. In de bijlage is aanvullend een overzicht gegeven van de vastgestelde trillingssterkte over de beoordelingsperiode  $V_{\text{per}}$ .

### 4.4 Representativiteit trillingsmetingen

Als aangegeven in paragraaf 8.4.3 van de meet- en beoordelingsrichtlijn kan een meetduur van circa 2 uur bij trillingsmetingen aan treinverkeer voldoende zijn om alle voorkomende personentreinen met verschillende snelheden te meten. Op de spoorlijn is een vaste dienstregeling van toepassing<sup>3</sup>. Met het uitgevoerde onderzoek zijn alle verschillende treintypes (reizigersvervoer) die op het spoor voorkomen gemeten bij representatieve rijnsnelheid. Een langere meetperiode leidt daarom naar verwachting niet tot andere (hogere) meetresultaten.

### 4.5 Beoordeling bodemtrillingen

Het middels meting vastgestelde maximale trillingsniveau van de bodem bedraagt  $V_{\text{max}} = 0,38$ .

De streefwaarden voor wonen (nieuwbouw) zijn gegeven in tabel 1. Geconcludeerd wordt dat de middels meting vastgestelde  $V_{\text{max}}$ , (als bodemtrilling) groter is dan de in tabel 1 voor de dag-, avond- en nachtperiode geldende streefwaarde  $A_1 = 0,1$ . In de dag- en avondperiode wordt wel voldaan aan de maximale streefwaarde  $A_2 = 0,4$ . In de nachtperiode wordt de streefwaarde  $A_2 = 0,2$  mogelijk overschreden.

De vastgestelde trillingssterkte over de beoordelingsperiode  $V_{\text{per}}$  bedraagt ten hoogste 0,07 in zowel de dag- als de avondperiode. De voor de nachtperiode vastgestelde  $V_{\text{per}}$  bedraagt 0,03. De voor de dag-, avond- en nachtperiode geldende streefwaarde  $A_3 = 0,05$  wordt in de dag- en avondperiode overschreden.

---

<sup>3</sup> Voor zover er goederenvervoer plaatsvindt is dit incidenteel en geen onderdeel van de reguliere dienstregeling.

Uit bovenstaande volgt dat de gemeten trillingsniveaus op maaiveldniveau hoger zijn dan de SBR-B streefwaarden.

#### 4.6 Dominante frequentie

Uit een nadere analyse van het opgeslagen meetsignaal volgt dat de dominante frequentie van de trillingen rond de 10 Hz ligt.

## 5 | Overdracht van bodemtrillingen naar bebouwing

De overdracht tussen de bodem en de bebouwing is afhankelijk van de volgende factoren:

- de manier van funderen (op staal of op palen);
- de funderingsdiepte (bij laagbouw op staal);
- de stijfheid van het gebouw zelf.

Bij de overdracht van trillingen van de bodem naar de fundering treedt in het algemeen een verzwakking op. Uit de literatuur volgt dat de volgende empirische dempingsfactoren kunnen worden gehanteerd.

*Tabel 3: Trillingsoverdracht bodem naar gebouw, aangegeven is de te verwachten overdrachtsverzwakking in dB*

	tertsbandmiddenfrequentie [Hz]										
	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
laagbouw op staal	0	0	0	-1	-2	-3	-4	-6	-9	-9	-9
laagbouw op palen	-2	-2	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-12	-12	-12
utiliteitsbouw	-6	-6	-6	-7	-7	-8	-9	-11	-14	-14	-14

Het plangebied wordt gekenmerkt door een ondergrond van (zware) klei. De nieuw te bouwen woningen worden (evenals het geval is in de nabijgelegen woonwijk Techum) gefundeerd op palen. De demping voor laagbouw op palen (overdrachtsverzwakking) bedraagt 2-12 dB (zie tabel 3) en 2 dB bij de gemeten dominante frequentie van ca. 10 Hz.

De bodemtrillingen zijn gemeten in de huidige situatie op de oude Kempnaersreed en in het weiland ernaast. Gemeten zijn daarmee de bodemtrillingen in de bestaande situatie. In de nieuwe situatie na realisatie van Barrahûs/Middelsee komt er een veranderde waterhuishouding. Barrahûs/Middelsee krijgen waterpartijen op boezemniveau. In het plan wordt daarom een regionale waterkering aangelegd (wal/dijkje) langs de spoorlijn. Ook vindt er nog ophoging plaats van het plangebied. Er

kan worden uitgegaan dat ten opzichte van de gemeten situatie er een reductie van de trillingsniveaus op het maaiveld zal zijn van ca. 3 dB. Dit als gefundeerde verwachting. Gelet op de aard van het plan, waarbij de toekomstige inrichting nog niet vast staat, is een exacte berekening in dit stadium niet mogelijk. Aanvullend zal tijdens het ontwerpproces met de toekomstige bewoners van het gebied worden gecommuniceerd over de mogelijkheid van trillingen in de zone direct langs het spoor, zodat zij de situatie/bouwplan kunnen optimaliseren.

Samen met de overdrachtsreductie bodem-gebouw van 2 dB, mag een totale reductie van ten minste 5 dB worden verwacht.

In bijlage 3 is een overzicht gegeven van de te verwachten trillingsniveaus, rekening houdend met een overdrachtsverzwakking van 5 dB ten opzichte van de gemeten situatie. De gemeten trillingsniveaus zijn hiertoe vermenigvuldigd met een factor 0,56. Uit de resultaten volgt dat het te verwachten maximale trillingsniveau van de bebouwing  $V_{\max} = 0,2$  bedraagt. De voor de dag-, avond- en nachtperiode geldende streefwaarde  $A_1 = 0,1$  wordt overschreden. In de dag- en avondperiode wordt wel voldaan aan de maximale streefwaarde  $A_2 = 0,4$ . In de nachtperiode wordt voldaan aan de streefwaarde  $A_2 = 0,2$ .

De te verwachten trillingssterkte over de beoordelingsperiode  $V_{\text{per}}$  bedraagt ten hoogste 0,04 in de dag- en avondperiode en 0,02 in de nachtperiode. Aan de voor de dag-, avond- en nachtperiode geldende streefwaarde  $A_3 = 0,05$  wordt voldaan.

## 6 | Conclusie

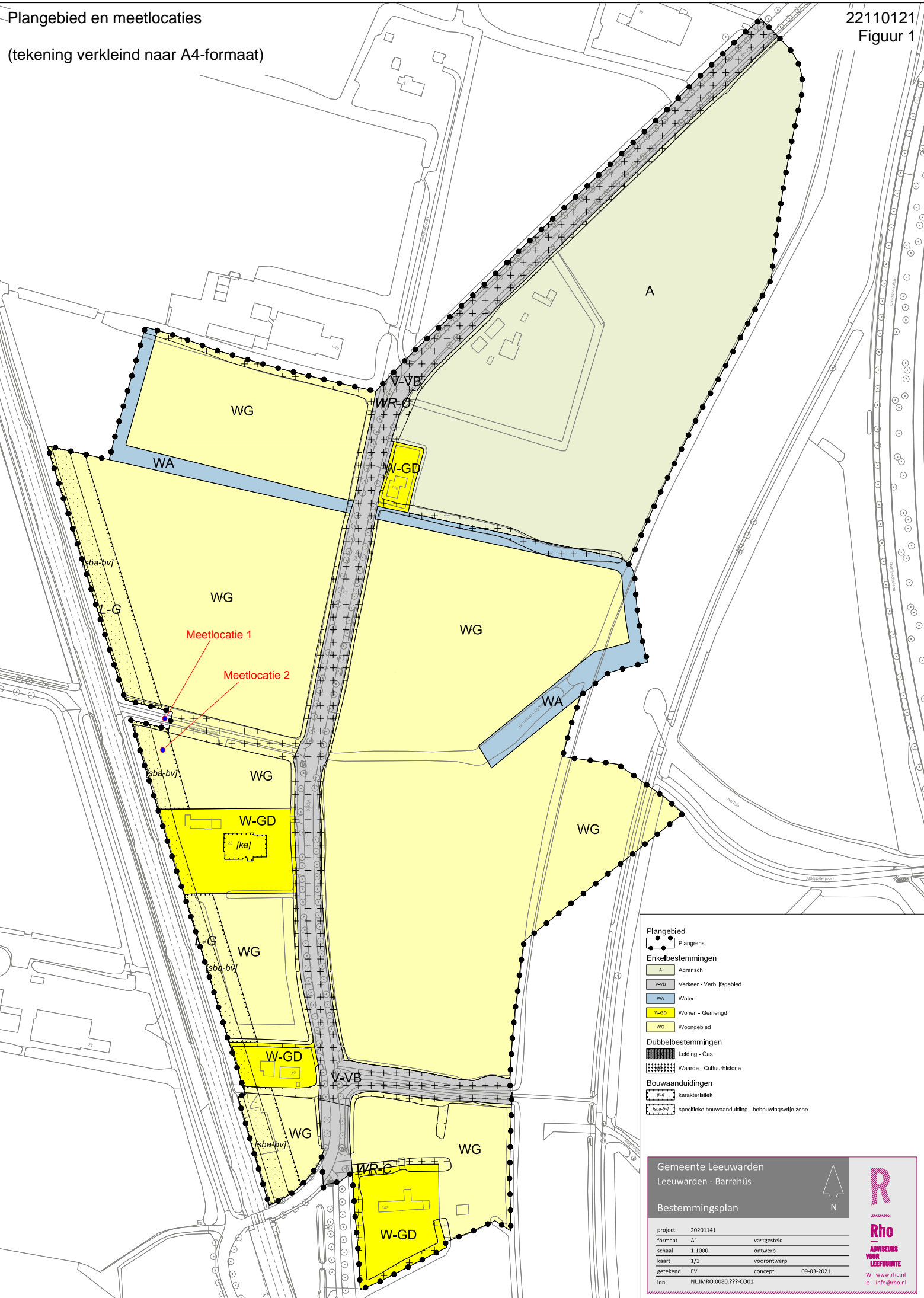
De vanwege het railverkeer gemeten bodemtrillingen zijn ter hoogte van de grens van de in de (voorlopige) plankaart opgenomen onbebouwde zone hoger dan de streefwaarden als gegeven in de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn 'Trillingen deel B – Hinder voor personen in gebouwen'.

Binnen het gebied komt een veranderde waterhuishouding, met een regionale waterkering (wal/dijkje) langs de spoorlijn. Daarnaast wordt het gebied opgehoogd. Rekening houdend met deze ontwikkelingen en een verdere overdrachtsverzwakking vanwege de fundatiewijze (op palen) kan binnen de nieuw te bouwen woningen naar verwachting worden voldaan aan de streefwaarden.

Noorman Bouw- en milieu-advies

## Figuren

Plangebied en meetlocaties  
 (tekening verkleind naar A4-formaat)



- Plangebied**
- Plangrens
- Enkelbestemmingen**
- A Agrarisch
  - V-VB Verkeer - Verbilfsgebied
  - WA Water
  - W-GD Wonen - Gemengd
  - WG Woongebied
- Dubbelbestemmingen**
- L-G Leiding - Gas
  - Waarde - Cultuurhistorie
- Bouwaanpakkingen**
- [ka] karakteristiek
  - [sba-bv] specifieke bouwaanpakking - bebouwingsvrije zone

Gemeente Leeuwarden  
 Leeuwarden - Barrahús

Bestemmingsplan

project	20201141	
formaat	A1	vastgesteld
schaal	1:1.000	ontwerp
kaart	1/1	voortontwerp
getekend	EV	concept 09-03-2021
idn	NL.IMRO.0080.777-C001	

**Rho**  
 ADVISEURS  
 VOOR LEEFOMTJE  
 W www.rho.nl  
 E info@rho.nl

## **Bijlagen**

### Bepaling van de trillingssterkte

Trillinghinder wordt beoordeeld op basis van de voortschrijdende effectieve waarde van de trillingssnelheid  $v_{\text{eff}}(t)$ . Deze wordt bepaald uit de gewogen momentane waarde  $v(t)$  volgens:

$$v_{\text{eff}}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^t g(\xi) v^2(t - \xi) d\xi}$$

$$g(\xi) = e^{-\xi/\tau}$$

$$\tau = 0,125s$$

De gewogen momentane waarde  $v(t)$  wordt bepaald uit het trillingssignaal waarop een weging wordt toegepast volgens onderstaande formules. Wanneer het trillingssignaal de momentane waarde van de trillingssnelheid weergeeft, geldt:

$$|H_v|(f) = \frac{1}{v_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}}$$

waarin:

- $f$  = de frequentie in Hz
- $f_0$  = 5,6 Hz
- $v_0$  = 1 mm/s

Wanneer het trillingssignaal de momentane waarde van de trillingsversnelling weergeeft, geldt:

$$|H_a|(f) = \frac{1}{v_0} \cdot \frac{1}{2\pi f} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}}$$

$|H_v|(f)$  is de wegingfunctie voor de trillingssnelheid.

$|H_a|(f)$  is de wegingfunctie voor de trillingsversnelling.



### Trillingssterkte over de beoordelingsperiode $V_{per}$

De letterlijke definitie van de trillingssterkte over de beoordelingsperiode luidt: het kwadratisch gemiddelde van de grootste effectieve waarde per interval van 30 seconden in de desbetreffende beoordelingsperiode:

$$V_{per} = v_{per,meet} \cdot \sqrt{\frac{T_b}{T_o}}$$

$$v_{per,meet} = \sqrt{\left[ \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n v_{eff,max,30,i}^2 \right]}$$

waarin:

- $n$  = het aantal perioden van 30 seconden in de meetperiode
- $v_{eff,max,30,i}$  = de grootste waarde per interval  $i$  van 30 seconden van  $v_{eff}(t)$
- $T_b$  = is de tijdsduur dat de trillingsbron actief is in de beoordelingsperiode
- $T_o$  = is de duur van de beoordelingsperiode (dag-, avond- of nachtperiode)

$V_{per}$  is een maat voor het aantal en de hoogte van de trillingspieken, die op een dag(deel) voorkomen.

datum en tijd	tijdsduur passage groter dan 30 s?	aantal (n) perioden van 30 sec	richting		$V_{\text{eff,max,30,i}}$			$V_{\text{eff,max,30,i}}$ gecorrigeerd*		
			zuid (afkomstig van Leeuwarden)	noord (rijdend naar Leeuwarden)	maaiveld			maaiveld		
					kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3	kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3
<b>Meetlocatie 1</b>										
24-03-21 9:21:30	nee	1		x	0,380	0,029	0,012	0,380	0,000	0,000
24-03-21 9:29:30	nee	1	x		0,119	0,101	0,089	0,119	0,101	0,000
24-03-21 9:30:30	nee	1	x		0,111	0,046	0,011	0,111	0,000	0,000
24-03-21 9:43:30	nee	1		x	0,195	0,209	0,166	0,195	0,209	0,166
24-03-21 9:51:30	nee	1	x		0,138	0,226	0,195	0,138	0,226	0,195
24-03-21 9:52:30	nee	1		x	0,166	0,168	0,093	0,166	0,168	0,000
* als $V_{\text{eff,max,30,i}} \leq 0,1$ dan geldt: $V_{\text{eff,max,30,i}} = 0$					$V_{\text{per,meet}}$			0,206	0,149	0,105
<b>Meetlocatie 2</b>										
24-03-21 10:24:20	nee	1		x	0,211	0,106	0,091	0,211	0,106	0,000
24-03-21 10:39:20	nee	1		x	0,240	0,101	0,069	0,240	0,101	0,000
24-03-21 10:39:50	nee	1	x		0,248	0,076	0,081	0,248	0,000	0,000
24-03-21 10:49:20	nee	1	x		0,245	0,126	0,083	0,245	0,126	0,000
24-03-21 10:52:50	nee	1		x	0,359	0,091	0,068	0,359	0,000	0,000
24-03-21 11:09:20	nee	1		x	0,343	0,094	0,097	0,343	0,000	0,000
* als $V_{\text{eff,max,30,i}} \leq 0,1$ dan geldt: $V_{\text{eff,max,30,i}} = 0$					$V_{\text{per,meet}}$			0,280	0,079	0,000

gemeten aantal treinpassages:	6
meetduur per passage [s]	30

aantal treinpassages bij huidige dienstregeling	P
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	94
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	28
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	15

tijdsduur trillingsbron	$T_b$ [s]
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	2.820
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	840
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	450

tijdsduur beoordelingsperiode	$T_o$ [s]
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	43.200
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	14.400
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	28.800

$V_{\text{per,meet}}$		
kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3
0,280	0,149	0,105

periode	$V_{\text{per}}$		
	kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	0,07	0,04	0,03
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	0,07	0,04	0,03
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	0,03	0,02	0,01

datum en tijd	tijdsduur passage groter dan 30 s?	aantal (n) perioden van 30 sec	richting		$V_{\text{eff,max,30,i}}$			$V_{\text{eff,max,30,i}}$ gecorrigeerd*		
			zuid (afkomstig van Leeuwarden)	noord (rijdend naar Leeuwarden)	maaiveld			maaiveld		
					kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3	kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3
<b>Meetlocatie 1</b>										
24-03-21 9:21:30	nee	1		x	0,213	0,016	0,007	0,213	0,000	0,000
24-03-21 9:29:30	nee	1	x		0,067	0,057	0,050	0,000	0,000	0,000
24-03-21 9:30:30	nee	1	x		0,062	0,026	0,006	0,000	0,000	0,000
24-03-21 9:43:30	nee	1		x	0,109	0,117	0,093	0,109	0,117	0,000
24-03-21 9:51:30	nee	1	x		0,077	0,127	0,109	0,000	0,127	0,109
24-03-21 9:52:30	nee	1		x	0,093	0,094	0,052	0,000	0,000	0,000
* als $V_{\text{eff,max,30,i}} \leq 0,1$ dan geldt: $V_{\text{eff,max,30,i}} = 0$					$V_{\text{per,meet}}$			0,098	0,070	0,045

<b>Meetlocatie 2</b>										
24-03-21 10:24:20	nee	1		x	0,118	0,059	0,051	0,118	0,000	0,000
24-03-21 10:39:20	nee	1		x	0,134	0,057	0,039	0,134	0,000	0,000
24-03-21 10:39:50	nee	1	x		0,139	0,043	0,045	0,139	0,000	0,000
24-03-21 10:49:20	nee	1	x		0,137	0,071	0,046	0,137	0,000	0,000
24-03-21 10:52:50	nee	1		x	0,201	0,051	0,038	0,201	0,000	0,000
24-03-21 11:09:20	nee	1		x	0,192	0,053	0,054	0,192	0,000	0,000
* als $V_{\text{eff,max,30,i}} \leq 0,1$ dan geldt: $V_{\text{eff,max,30,i}} = 0$					$V_{\text{per,meet}}$			0,157	0,000	0,000

gemeten aantal treinpassages:	6
meetduur per passage [s]	30

tijdsduur beoordelingsperiode	$T_0$ [s]
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	43.200
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	14.400
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	28.800

aantal treinpassages bij huidige dienstregeling	P
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	94
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	28
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	15

$V_{\text{per,meet}}$		
kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3
0,157	0,070	0,045

tijdsduur trillingsbron	$T_b$ [s]
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	2.820
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	840
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	450

periode	$V_{\text{per}}$		
	kanaal 1	kanaal 2	kanaal 3
dagperiode (07.00 - 19.00 uur):	0,04	0,02	0,01
avondperiode (19.00 - 23.00 uur):	0,04	0,02	0,01
nachtperiode (23.00 - 07.00 uur):	0,02	0,01	0,01