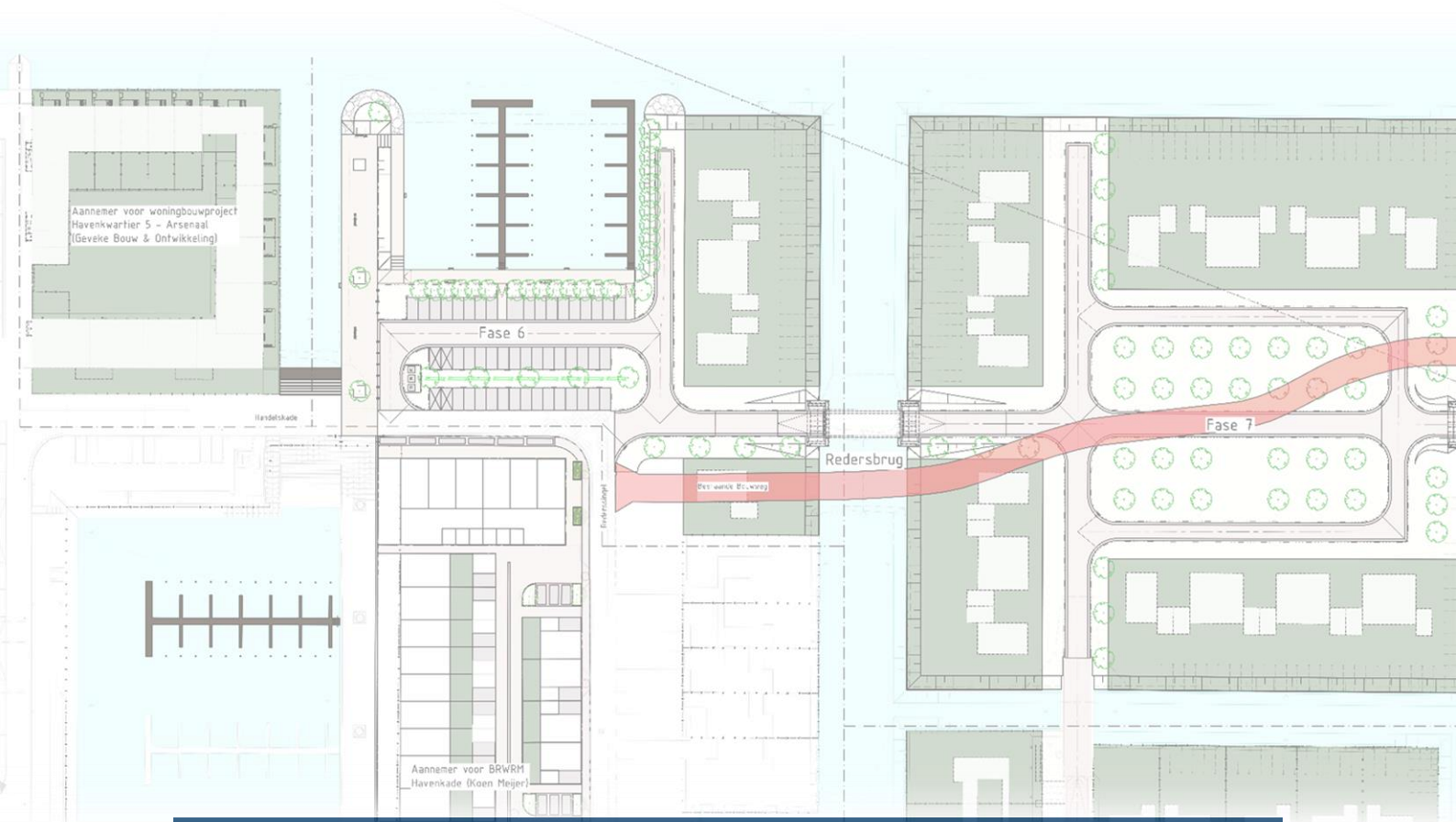


Document : Trillingsprognose intrillen damwanden

Projectomschrijving : Trillingsprognose t.b.v. aanbrengen GU-6N damwanden
 Projectlocatie : Blauwestad, Havenkwartier
 Opdrachtgever : Invraplus
 Postbus 144
 9750 AA Haren
 Opdrachtnemer : JanTril B.V.
 Bascule 9
 3981 PH Bunnik
 Documentnummer : GP H23.0331-1.0
 Datum : 13 maart 2023



Documentbeheer					
Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Verificatie	Paraaf
0	13-03-2023	T. Hoffer		N.B. Scheide	

TRILLINGSPREDICTIE CUR166

Rapportnummer: GP H22.0331-1.0
Project: Intrillen damwand GU-6N fase 6
Locatie: Blauwestad, Havenkwartier

Inhoudsopgave

1 Inleiding B

Bijlagen

Brongegevens..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
Gegevens locatie H
Uitvoer GeoMilieu I

Wijzigingstabel		
Versie	Datum	Omschrijving
0	13-03-2023	

TRILLINGSPREDICTIE CUR166

Rapportnummer: GP H22.0331-1.0
 Project: Intrillen damwand GU-6N fase 6
 Locatie: Blauwestad, Havenkwartier

1 Inleiding

In Blauwestad te Groningen worden t.b.v. beschoeiing Havenkwartier fase 6, damwanden ingetrild.

Bij het intrillen van damwanden komen trillingen vrij, die van invloed zijn op de omgeving. Om het invloedsgebied van de trillingen te bepalen is deze predictie opgesteld.

Deze trillingspredictie heeft betrekking op:

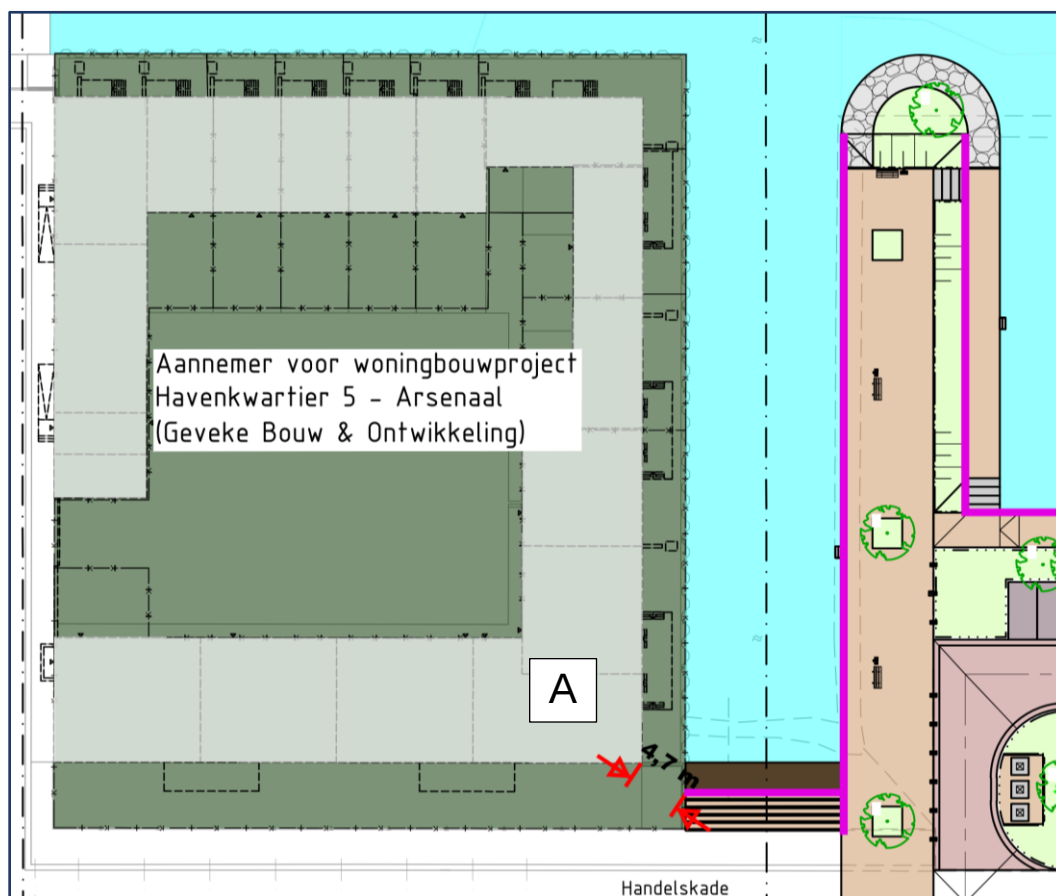
- Intrillen damwanden type GU-6N, m.b.v. een HF trilblok met een slagkracht van ca. 450-650 kN. Ter indicatie is e.e.a. beschouwd voor de volgende typen trilblok:
- ICE 8RF (435 kN), ICE 11RF (666 kN) en PVE 2310VM (580 kN);

2 Locatie

De predictie is opgesteld in relatie tot onderstaande belending:

- Havenkwartier fase 5, woningbouwproject: Arsenaal (Geveke Bouw & Ontwikkeling);

Punt	Adres Postcode & plaats	Kortste afstand <i>m</i> ¹	Bouwjaar	Fundatie
A	Arsenaal 1 t/m 57 9685 AZ Blauwestad	± 5,0	2021	Prefab betonpalen
B	Rederssingel 37 9685 AV Blauwestad	48,0	2022	Prefab betonpalen



Figuur 1: Damwandlijn (paars) t.o.v. woningbouwproject Arsenaal.

TRILLINGSPREDICTIE CUR166

Rapportnummer: GP H22.0331-1.0
Project: Intrillen damwand GU-6N fase 6
Locatie: Blauwestad, Havenkwartier

Overige belendingen zijn op grotere afstanden gelegen, waardoor hier geen directe kans op schade wordt verwacht en deze ook derhalve niet worden beschouwd in deze predictie.

3 Normen en richtlijnen

De volgende normen en richtlijnen zijn gebruikt:

- SBR-A: 2017
- CUR166 6^e druk deel 2
- Vakblad Geotechniek april 2012 (dr. Ir. P. Hölscher / ing. P. Kraaijenbrink)
- Vakblad Geotechniek oktober 2014 (Ir. B. Rijnveld / Ir. A.J. Snethlage)

De volgende overige documenten zijn gebruikt:

- Materieelbladen ICE/PVE/Dieseko;
- Projectgegevens JanTril en Invraplus;
 - Bestekstekingnr. RL20TA 1152-BE-01, d.d. 17-06-2022 door R&L Consultants;
 - Bestekstekingnr. RL20TA 1152-BE-02, d.d. 17-06-2022 door R&L Consultants;
 - Bestekstekingnr. RL20TA1152, postnummer 700010.
- Geotechnisch advies 20-5090, d.d. 21-12-2020, door Teeuw Grondmechanica v.o.f.;
- Sondeerrapport 2020-0740, d.d. 27-08-2020, door Koops Grondmechanica B.V.

4 Trillingspredictie

De trillingspredictie is opgesteld aan de hand van een eenvoudig empirisch model dat wordt gegeven in CUR 166 6e druk deel 2. Hierbij zijn rekenwaarde voor bronsnelheden en dempingcoëfficiënten gegeven voor een zevental voor Nederland karakteristieke bodemprofielen. Uit onderzoeken is gebleken dat deze waarden conservatief zijn, daarom wordt gerekend met de gecorrigeerde waarden die beschreven staan in het vakblad "Geotechniek oktober 2014". De geprognostiseerde trillingswaarden worden getoetst aan de grenswaarden gesteld in de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn deel A 2017, schade aan gebouwen.

Rapportnummer: GP H22.0331-1.0
Project: Intrillen damwand GU-6N fase 6
Locatie: Blauwestad, Havenkwartier

5 Toelaatbare trillingssnelheid SBR A: 2017

In de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn deel A 2017 worden grenswaarden genoemd voor maximaal toelaatbare trillingen teneinde schade aan bouwwerken te voorkomen. Volgens de bestaande praktijkervaring bestaat er een aanvaardbare kleine kans (kleiner dan 5%) dat schade aan bouwwerken en funderingen zal optreden indien de rekenwaarde van de topwaarde van de trillingssnelheid V_d kleiner is dan de rekenwaarde van de grenswaarde V_r . In de richtlijn wordt onderscheid gemaakt in de volgende variabelen, waarmee de rekenwaarde van de grenswaarde V_r wordt bepaald;

5.1 Type trilling

Er wordt van uitgegaan dat de trillingen, veroorzaakt bij het intrillen van damwanden, een continu karakter hebben (SBR A, tabel 10.6)

Type trilling	Veiligheidsfactor γ_t
	Draagconstructie en onderdelen
Kortdurend	1,0
Herhaald kortdurend (heiwerk)	1,5
Continue (damwand)	2,5

Tabel 2: Type trilling veiligheidsfactoren

5.2 Type trillingsbron hoogfrequent trillen

Voor de bepaling van de grenswaarde bij GEWI lansen in- en uittrillen is uitgegaan van de maatgevende frequentie van het trilblok. Bij hoogfrequente trilblokken is een frequentie tussen de **35 en 40 Hz** gebruikelijk. Bij de bepaling van de grenswaarde in situ is van **38 Hz** (2300 Rpm) uitgegaan.

- $V_{kar} = 34,0$ mm/s (38 Hz, geb. cat. 1, trillingssnelheid)
- $V_{kar} = 12,0$ mm/s (38 Hz, geb. cat. 2, trillingssnelheid)
- $a_{kar} = 1,0$ m/s² (trillingsversnelling, SBR A hfst. 10.3.5)

5.3 Type gebouwcategorie (SBR A, tabel 10.7)

De belending is getoetst op:

Punt	Belendingen	Type gebouwcategorie;	Bouwkundige staat	Veiligheidsfactor γ_s
A	Woningbouwproject Arsenaal Blauwestad	1	Normaal	1,0
B	Rederssingel 37 Blauwestad	2	Normaal	1,0

Hierbij dient vermeldt te worden dat er is uitgegaan bij meetpunt A, dat de draagconstructie bestaat uit staal. Indien de draagconstructie bestaat uit metselwerk (niet slechts de façade) dient meetpunt A ingedeeld te worden in gebouwcategorie 2!

Rapportnummer: GP H22.0331-1.0
Project: Intrillen damwand GU-6N fase 6
Locatie: Blauwestad, Havenkwartier

5.4 Type meting γ_v :

Type meting	Veiligheidsfactor γ_v
Indicatief	1,6
Beperkt	1,4
Uitgebreid	1,0

Tabel 4: Type meting veiligheidsfactoren

5.5 Maximale grenswaarden V_r :

$$V_r = \frac{V_{kar}}{\gamma_t * \gamma_s}$$

Grenswaarden	Uitgebreid Continu (trillen) bij 38 Hz $V_r / \gamma_v (1,0) / \gamma_s$	Indicatief Continu (trillen) bij 38 Hz $V_r / \gamma_v (1,6) / \gamma_s$
Gebouwcategorie 1 normaal rekenpunt E	13,60 mm/s	8,50 mm/s
Gebouwcategorie 2 normaal rekenpunt A, B, C, D, G	4,80 mm/s	3,00 mm/s

Tabel 5: Grenswaarden trillen

6 Trillingssnelheden

De optredende trillingssnelheid wordt bepaald op basis van de gecorrigeerde trillingssnelheden van tabel 2 uit het vakblad "Geotechniek oktober 2014", waaruit de referentietrillingssnelheid op $r_0 = 5$ m afstand in mm/s is af te leiden bij een gekozen grondprofiel bij een overschrijdingskans van 5%. Uit het vakblad "Geotechniek april 2012" volgt dat 5% overschrijdingskans het meest overeenkomt met de in de praktijk optredende trillingssnelheden.

Van de standaard bodemprofielen komt profiel 3 "Groningen", het best overeen met het bodemprofiel ter plaatse van de projectlocatie. In bijlage A is de sondering behorende bij standaard bodemprofiel 6 opgenomen, in bijlage B is een sondering van de projectlocatie opgenomen.

6.1 Trillingssnelheid intrillen damwanden

Referentietrillingssnelheid v_0 5% kans op overschrijding, $V_0 = 6,8$ mm/s

De referentietrillingssnelheid wordt nog gereduceerd op basis van de slagkracht van het trilblok (indien groter dan 350kN) en door de optredende materiaaldemping.

Gecorrigeerde trillingssnelheid bij gegeven slagkracht $v_{0;cor}(x = 5m) = v_0 + c_v(F - 350)$

$c_v 5\% = 0,008$

De optredende trillingssnelheid V_r wordt als volgt bepaald:

$$V_r = v_{0;cor} C_{0,f}$$

Optredende trillingssnelheid op afstand r tot de bron

Reductiecoëfficiënt behorende bij bron afstand r

$$C_{0,f} = 0,7 \sqrt{\frac{5}{r}} \exp[-\alpha(r - 5)]$$

Dempingsfactor

$$\alpha = 2\%$$

Slagkracht trilblok PVE 8RF

max. 435 kN

Slagkracht trilblok PVE 2310VM

max. 666 kN

TRILLINGSPREDICTIE CUR166

Rapportnummer: GP H22.0331-1.0
 Project: Intrillen damwand GU-6N fase 6
 Locatie: Blauwestad, Havenkwartier

Uit de gegeven formules volgt de optredende trillingssnelheid op verschillende afstanden. Gezien de beperkingen van het toegepaste model is het op een kortere afstand dan 5m¹ niet mogelijk de trillingssnelheid nader te kwantificeren.

7 Conclusie

Bij 5% overschrijdingskans worden bij de bebouwing de volgende waarden voorspeld gedurende het intrillen van damwand, bij uitvoering van een indicatieve meting.

Afstand	PVE 11RF 100% vermogen bij 38 Hz	cat. 1 normaal indicatieve meting < 8,50mm/s Vr = 13,60 mm/s	cat. 2 normaal indicatieve meting < 3,00 mm/s Vr = 4,80 mm/s
r (m ¹)	5% overschrijdings- kans		
5	6,53	voldoet	voldoet niet
6	5,84	voldoet	voldoet niet
7	5,30	voldoet	voldoet niet
8	4,86	voldoet	voldoet niet
9	4,49	voldoet	voldoet niet
10	4,18	voldoet	voldoet niet
11	3,90	voldoet	voldoet niet
12	3,66	voldoet	voldoet niet
13	3,45	voldoet	voldoet niet
14	3,26	voldoet	voldoet niet
15	3,09	voldoet	voldoet
20	2,42	voldoet	voldoet
25	1,96	voldoet	voldoet
30	1,62	voldoet	voldoet
35	1,35	voldoet	voldoet
40	1,15	voldoet	voldoet
50	0,84	voldoet	voldoet
75	0,48	voldoet	voldoet
100	0,22	voldoet	voldoet

Waarden die in oranje staan aangegeven zijn hoger dan de grenswaarde bij uitvoering van een indicatieve meting, maar lager dan de grenswaarde bij een uitgebreide trillingsmeting.

7.1 Damwand intrillen

Indien de benodigde slagkracht beperkt wordt tot een ICE/PVE 11RF, 2310VM of vergelijkbaar trilblok (max. 666 kN) worden er geen overschrijdingen van de SBR-A:2017 richtlijn, gebouwcategorie 1 normaal, verwacht op ca. 5,0m afstand.

Desalniettemin is het door de korte afstand raadzaam om bij het aanbrengen van het damwand op kortste afstand van het project Arsenaal, trillingsmetingen uit te voeren op deze naastgelegen belending.

BIJLAGE A

Standaardsondering CUR166

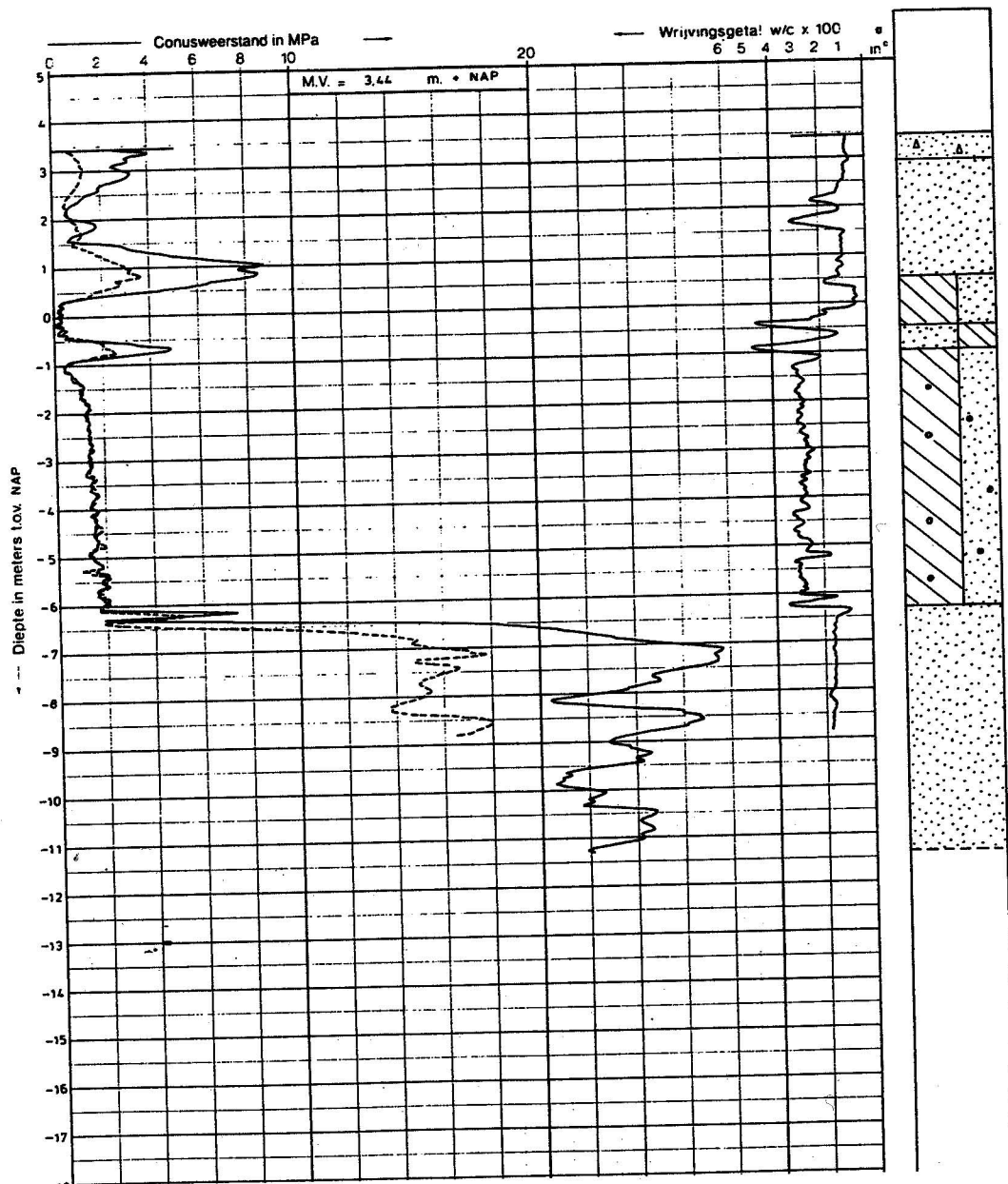
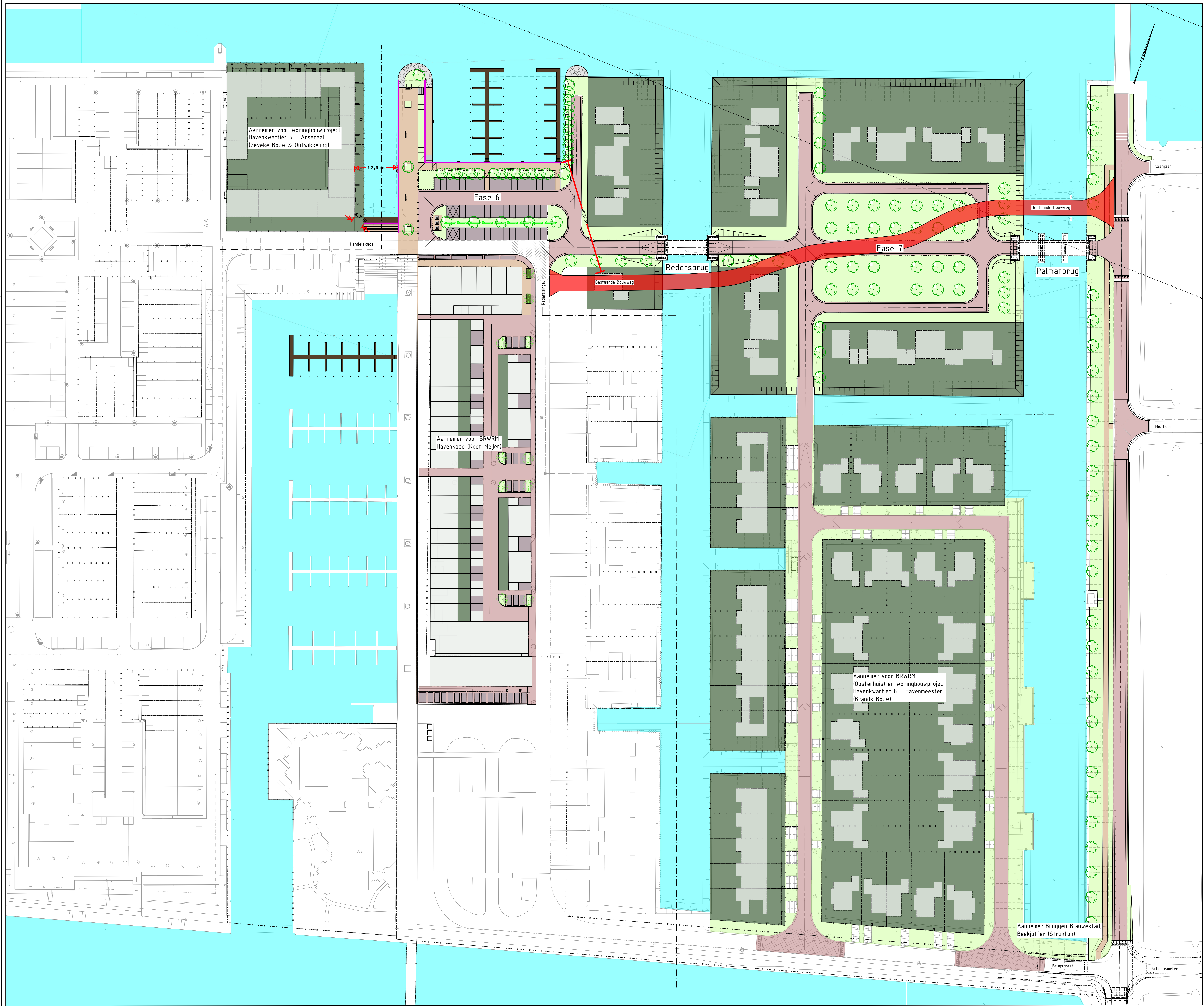


Fig. C3 Sondering Groningen.

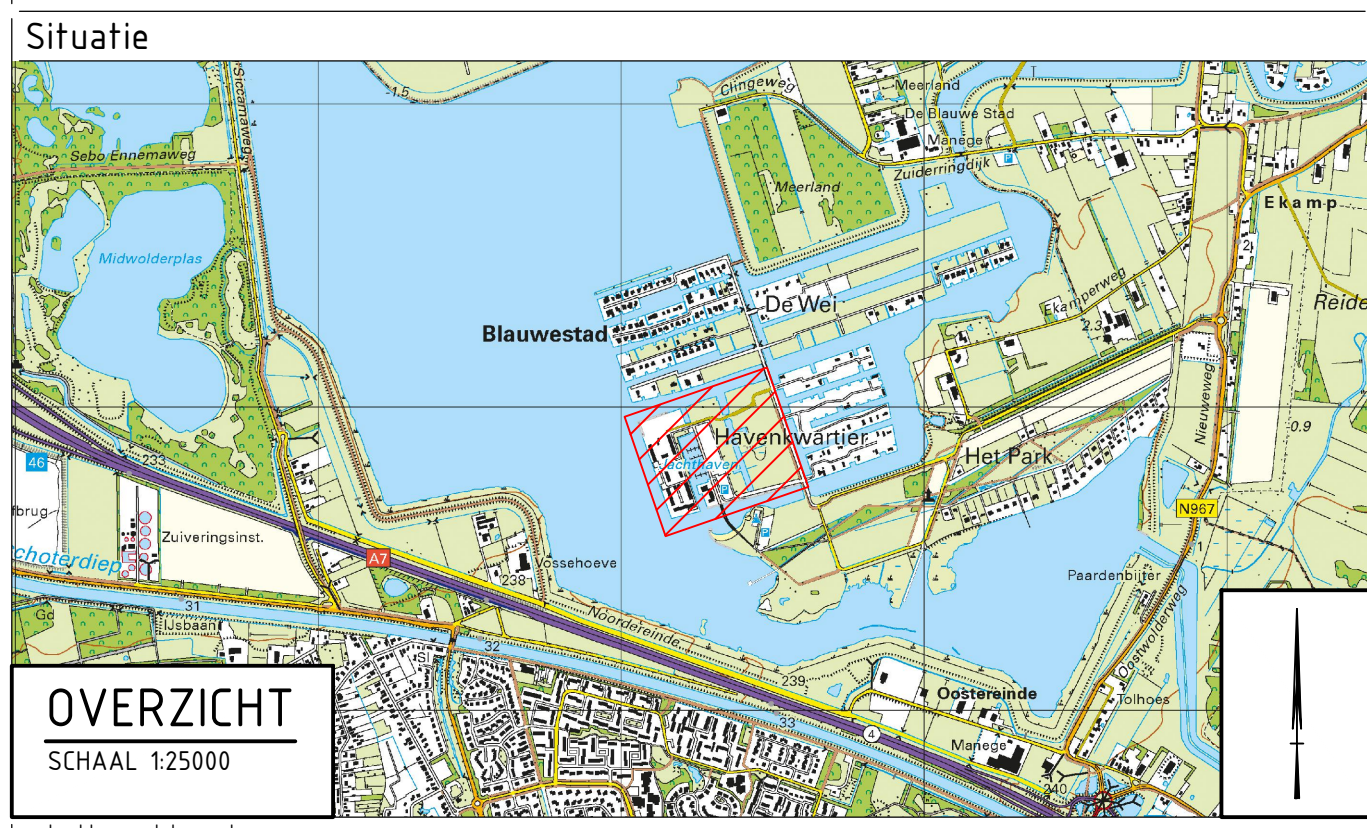
BIJLAGE B

Gegevens locatie



SITUATIE
SCHAAL 1:500

Maten in millimeters, tenzij anders vermeld.
Palmaten in meters t.o.v. N.A.P., tenzij anders vermeld.
Hoeken aangegeven in graden; coördinaten volgens RD-stelsel (RDNew, EPSG:28992).
Gegevens verkregen uit opmeten vanaf tekening zijn niet maatgevend.



invraplus

project
Blauwestad Havenkwartier Midden

opdrachtgever
BRWRM Havenkwartier fase 6 en 7

overzicht
Overzicht Havenkwartier fase 5 t/m 8

aanvrager
Havenkwartier

ontwerper
F. Udena
gecontroleerd
A. Speerstra
formaat
A0
projectnummer
2022-23
bestandsnummer
2022-23
objectnummer
Bestektekening

document status
INFORMATIEF

opdrachtgever
Provincie Groningen
St. Jansstraat 4
9711 JN Groningen
050 - 316 4311

schakel
16-02-2023
01 v. 01

tekeningnummer
vrijgemaakt

050 - 316 4911 0-201225-000

BIJLAGE C

Uitvoer trillingspredictie



Trillingspredictie intrillen GEWI, conform CUR 166

Documentnummer	TP 23.0331-1.0
Projectomschrijving	Havenkwartier, fase 6
Projectlocatie	Blauwestad, Handelsweg
Datum	13 maart 2023

Berekening grenswaarde V_r

Type trilling

Type trilling	continu	Type meting =	uitgebreid	1,6
Partiele veiligheidsfactor γ_t =	2,5	Partiële veiligheidsfactor γ_s =	1	

Type trillingsbron

Damwand :	GU-6N	Lengte :	< 14,0	m ¹
Trilblok :	ICE 11RF	Slagkracht :	666	kN
Frequentie :	38	Hz	100% vermogen	

Categorie bouwwerk

zie paragraaf 10.2.1 uit SBR deel A augustus 2017

Gebouwcategorie :	Categorie 1	Bouwkundige staat	Normaal
Draagconstructie b.g. of trillingsgevoelige fundering :		draagconstructie begane grond	

De verwachte waarde bedraagt; V_r = 8,50 mm/s

Keuze grondprofiel

zie tabel 5.21 uit CUR 166 6e druk deel 2

aanvulling Geotechniek oktober 2014

Bodemprofiel	Amsterdam (1)		
schade 1%	$V_0 = 9,30$	mm/s	
schade 5%	$V_0 = 5,60$	mm/s	
Dempingsconstante	0,02	m ⁻¹	
Laagdikte C_D	2	m ¹	Factor C_D = 1,86
Afstand	5	m ¹	

Controle V_d op x meters afstand; V_d = 13,25 mm/s voldoet niet bij een afstand van 5 m¹

Resultaten schade, 1% overschrijdingskans $V_d < V_r$

afstand tot werkzaamheden [m]	trillingssnelheid 1% overschrijdingskans V_d [mm/s]	$V_d < V_r$	Opmerking
5	9,16	voldoet niet	uitvoering aanpassen
8	6,82	voldoet	geen
10	5,86	voldoet	geen
12	5,14	voldoet	geen
14	4,57	voldoet	geen
15	4,33	voldoet	geen
16	4,11	voldoet	geen
17	3,91	voldoet	geen
18	3,72	voldoet	geen
19	3,55	voldoet	geen

Resultaten schade, 5% overschrijdingskans $V_d < V_r$			
afstand tot werkzaamheden [m]	trillingssnelheid 5% overschrijdingskans V_d [mm/s]	$V_d < V_r$	Opmerking
5	5,47	voldoet	geen
6	4,89	voldoet	geen
7	4,44	voldoet	geen
8	4,07	voldoet	geen
9	3,76	voldoet	geen
11	3,27	voldoet	geen
15	2,58	voldoet	geen
20	2,03	voldoet	geen
25	1,64	voldoet	geen
30	1,35	voldoet	geen
40	0,96	voldoet	geen

Resultaten hinder, 50% overschrijdingskans $V_d < V_r$			
afstand tot werkzaamheden [m]	trillingssnelheid 50% overschrijdingskans V_d [mm/s]	$V_d < V_r$	Opmerking
5	1,56	voldoet	geen
10	1,00	voldoet	geen
15	0,74	voldoet	geen
20	0,58	voldoet	geen
25	0,47	voldoet	geen
30	0,39	voldoet	geen
35	0,32	voldoet	geen
40	0,27	voldoet	geen
45	0,23	voldoet	geen
50	0,20	voldoet	geen

Op al onze werkzaamheden is de DNR 2011 van toepassing.

ENGINEERING EN MONITORING VOOR
GWW EN GEOTECHNIEK

Rekenwaarde ter voorkoming van schade $V_r =$	8,50 mm/s	zie paragraaf 10.3 uit SBR-A	
Trillingsniveau 1% overschrijdingskans, $V_d =$	9,16	$\leq$	8,50 Voldoet niet !
Rekenwaarde ter voorkoming van hinder $V_r =$	8,50 mm/s	zie paragraaf 10.3 uit SBR-A	
Trillingsniveau 5% overschrijdingskans, $V_d =$	5,47	$\leq$	8,50 Voldoet !
Grenswaarde ter voorkoming van zetting	9,30 mm/s	zie paragraaf 10.3 uit SBR-A	
Trillingsniveau 1% overschrijdingskans	9,16	$\leq$	9,30 Voldoet !
Trillingsniveau 5% overschrijdingskans	5,47	$\leq$	9,30 Voldoet !

Op al onze werkzaamheden is de DNR 2011 van toepassing.

ENGINEERING EN MONITORING VOOR
GWW EN GEOTECHNIEK

afstand tot werkzaamheden [m]	trillingssnelheid 1% overschrijdingskans [mm/s]		trillingssnelheid 5% overschrijdingskans [mm/s]		trillingssnelheid 50% overschrijdingskans [mm/s]	
1	27,85	voldoet niet	15,82	voldoet niet	3,95	voldoet
2	19,30	voldoet niet	10,96	voldoet niet	2,74	voldoet
3	15,45	voldoet niet	8,77	voldoet niet	2,19	voldoet
4	13,11	voldoet niet	7,45	voldoet	1,86	voldoet
5	11,50	voldoet niet	6,53	voldoet	1,63	voldoet
6	10,29	voldoet niet	5,84	voldoet	1,46	voldoet
7	9,34	voldoet niet	5,30	voldoet	1,33	voldoet
8	8,56	voldoet niet	4,86	voldoet	1,22	voldoet
9	7,91	voldoet	4,49	voldoet	1,12	voldoet
10	7,36	voldoet	4,18	voldoet	1,04	voldoet
11	6,87	voldoet	3,90	voldoet	0,98	voldoet
12	6,45	voldoet	3,66	voldoet	0,92	voldoet
13	6,08	voldoet	3,45	voldoet	0,86	voldoet
14	5,74	voldoet	3,26	voldoet	0,81	voldoet
15	5,43	voldoet	3,09	voldoet	0,77	voldoet
16	5,16	voldoet	2,93	voldoet	0,73	voldoet
17	4,90	voldoet	2,79	voldoet	0,70	voldoet
18	4,67	voldoet	2,65	voldoet	0,66	voldoet
19	4,46	voldoet	2,53	voldoet	0,63	voldoet
20	4,26	voldoet	2,42	voldoet	0,60	voldoet
21	4,07	voldoet	2,31	voldoet	0,58	voldoet
22	3,90	voldoet	2,22	voldoet	0,55	voldoet
23	3,74	voldoet	2,12	voldoet	0,53	voldoet
24	3,59	voldoet	2,04	voldoet	0,51	voldoet
25	3,45	voldoet	1,96	voldoet	0,49	voldoet
26	3,31	voldoet	1,88	voldoet	0,47	voldoet
27	3,19	voldoet	1,81	voldoet	0,45	voldoet
28	3,07	voldoet	1,74	voldoet	0,44	voldoet
29	2,95	voldoet	1,68	voldoet	0,42	voldoet
30	2,85	voldoet	1,62	voldoet	0,40	voldoet
31	2,75	voldoet	1,56	voldoet	0,39	voldoet
32	2,65	voldoet	1,50	voldoet	0,38	voldoet
33	2,56	voldoet	1,45	voldoet	0,36	voldoet
34	2,47	voldoet	1,40	voldoet	0,35	voldoet
35	2,38	voldoet	1,35	voldoet	0,34	voldoet
36	2,30	voldoet	1,31	voldoet	0,33	voldoet
37	2,23	voldoet	1,27	voldoet	0,32	voldoet
38	2,16	voldoet	1,22	voldoet	0,31	voldoet
39	2,09	voldoet	1,18	voldoet	0,30	voldoet
40	2,02	voldoet	1,15	voldoet	0,29	voldoet
41	1,95	voldoet	1,11	voldoet	0,28	voldoet
42	1,89	voldoet	1,07	voldoet	0,27	voldoet
43	1,83	voldoet	1,04	voldoet	0,26	voldoet
44	1,78	voldoet	1,01	voldoet	0,25	voldoet
45	1,72	voldoet	0,98	voldoet	0,24	voldoet
46	1,67	voldoet	0,95	voldoet	0,24	voldoet
47	1,62	voldoet	0,92	voldoet	0,23	voldoet
48	1,57	voldoet	0,89	voldoet	0,22	voldoet
49	1,52	voldoet	0,87	voldoet	0,22	voldoet
50	1,48	voldoet	0,84	voldoet	0,21	voldoet
55	1,28	voldoet	0,72	voldoet	0,18	voldoet
60	1,10	voldoet	0,63	voldoet	0,16	voldoet
65	0,96	voldoet	0,55	voldoet	0,14	voldoet
70	0,84	voldoet	0,48	voldoet	0,12	voldoet
75	0,73	voldoet	0,42	voldoet	0,10	voldoet
80	0,64	voldoet	0,36	voldoet	0,09	voldoet
85	0,56	voldoet	0,32	voldoet	0,08	voldoet
90	0,50	voldoet	0,28	voldoet	0,07	voldoet
95	0,44	voldoet	0,25	voldoet	0,06	voldoet
100	0,38	voldoet	0,22	voldoet	0,05	voldoet

BIJLAGE D

Samenvatting SBR-A



Samenvatting SBR A 2017 schade aan gebouwen (meet- en beoordelingsrichtlijn)

De SBR *meet- en beoordelingsrichtlijn* deel A 2017 geeft een procedure voor het meten van trillingen en voor de beoordeling van de invloed van trillingen met het oog op mogelijke schade aan het bouwwerk of aan onderdelen daarvan.

Onder schade aan een bouwwerk wordt een verandering van de eigenschappen of van de positie van (een onderdeel van) een bouwwerk verstaan, met één of meer van de volgende gevolgen:

- Een verlies van functie, zoals het bezwijken van dragende onderdelen;
- Een vermindering van de integriteit van het onderdeel of van het bouwwerk als geheel met betrekking tot zijn dragende functie, waarbij sprake is van een significante vermindering van de veiligheid op de korte of langere termijn (vermindering van de verwachte levensduur);
- Een vermindering van de economische waarde of van de gebruikswaarde, zoals bij scheurvorming in afwerkklagen of betegeling.

Met behulp van de richtlijn kunnen grenswaarden bepaald worden voor maximaal toelaatbare trillingen teneinde schade aan (onderdelen van) bouwwerken te voorkomen. In de richtlijn wordt onderscheid gemaakt in een tweetal categorieën bouwwerken, type trillingsbronnen en soorten metingen.

Gebouwcategorie 1

- In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout.
- Onderdelen van een bouwwerk, die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijv. scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout.
- Draagconstructies van bouwwerken, geen gebouw zijnde, welke bestaan uit metselwerk, zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.

Gebouwcategorie 2

- In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk.
- In goede staat verkerende onderdelen van een gebouw, die niet tot de draagconstructie behoren, zoals scheidingsconstructies, welke bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.

Monumentaal / slechte staat

- Onderdelen van monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde.
- In slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of in slechte staat verkerende onderdelen van gebouwen.

Er is sprake van een slechte bouwkundige staat als:

- De sterkte van de draagconstructie in belangrijke mate is verminderd door de reeds aanwezige schade.
- De onderlinge samenhang van onderdelen of de sterkte van verbindingen tussen onderdelen zodanig is, dat deze door trillingen kan bezwijken of in belangrijke mate kan verzwakken.

Omstandigheden die duiden op een slechte bouwkundige staat zijn bijvoorbeeld: reeds aanwezige scheurvorming, kieren, sterke vervormingen, verzwakkingen en scheefstand van een gebouw.

Bovenstaande wordt beoordeeld op basis van de SBR-A 2017 checklist.

Fundering

Voor de beoordeling van mogelijke schadelijke invloed van trillingen op de fundering en de daarop rustende constructie, kunnen trillingsgevoelige funderingen en niet-trillingsgevoelige funderingen worden onderscheiden. De fundering wordt voor wat betreft hun trillingsgevoeligheid samen met het bouwwerk geclassificeerd. Funderingen op staal worden over het algemeen als trillingsgevoelige funderingen aangemerkt waarbij rekening dient te worden gehouden met schade door (ongelijkmatige) zettingen.

Trillingsbron type 1

Bronnen die *incidenteel voorkomende kortdurende trillingen* veroorzaken door een stootvormige excitatie. Het aantal malen dat het trillingsverschijnsel voorkomt is zo gering dat vermoeiing van constructiematerialen niet kan optreden. Bijvoorbeeld; *explosies*, botsingen.

Trillingsbron type 2

Bronnen die *herhaalde kortdurende trillingen* veroorzaken bij een stootvormige excitatie. Hieronder worden verstaan bronnen die zo vaak voorkomen dat vermoeiingseffecten in bouwmaterialen kunnen optreden. Bijvoorbeeld; *heiwerkzaamheden*, weg- en railverkeer, *sloopwerkzaamheden*.

Trillingsbron type 3

Bronnen die *continue trillingen* veroorzaken. Hieronder worden verstaan alle bronnen die niet onder de voorgaande twee categorieën kunnen worden ingedeeld of bronnen waarbij resonanties en/of vermoeiingseffecten in de onderdelen van een bouwwerk kunnen optreden. Bijvoorbeeld; machines met roterende onderdelen, vibratoren, verdichtingswerk d.m.v. trilwalsen, het *inbrengen van fundatiepalen en damwanden met behulp van trilblokken*.



Indicatieve meting

Bij een indicatieve meting wordt slechts in één meetpunt gemeten. Dit meetpunt komt overeen met het meetpunt op het begane grondniveau in een stijf punt van de draagconstructie en/of op de fundering. Het meetpunt wordt bovendien op de kortste afstand tot de bron gekozen. In het meetpunt wordt in verticale en in twee onderling loodrechte horizontale richtingen gemeten. De gekozen horizontale richtingen stemmen zoveel mogelijk overeen met de hoofdasen van het gebouw.

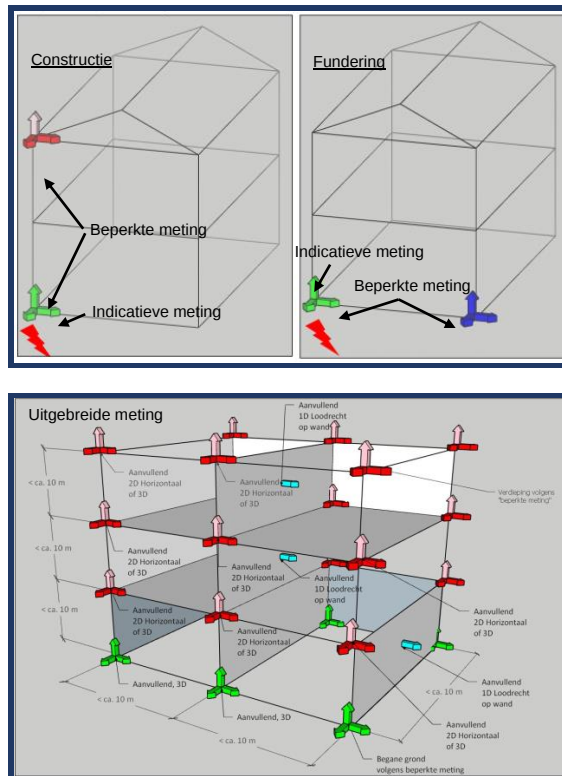
Beperkte meting

Bij een beperkte meting wordt ten minste in één meetpunt op het begane grondniveau en ten minste in één meetpunt op de hoogste verdieping van het gebouw gemeten, beide in een stijf punt van de draagconstructie. De meetpunten worden bovendien op de kortste afstand tot de bron gekozen. In het meetpunt op de begane grond wordt in verticale en in twee onderling loodrechte horizontale richtingen gemeten. In het meetpunt op de hoogste verdieping wordt in twee onderling loodrechte horizontale richtingen gemeten (het meetpunt op begane grondniveau komt overeen met het meetpunt voor de indicatieve meting). De gekozen horizontale richtingen stemmen zoveel mogelijk overeen met de hoofdasen van het gebouw.

Voor de fundering geldt dat er twee meetpunten op de fundering worden aangebracht.

Uitgebreide meting

Bij een uitgebreide meting dient in een groter aantal meetpunten te worden gemeten, dit in aanvulling op de meetpunten volgens de beperkte meting. Op welke plaatsen gemeten wordt, hangt af van het doel van de meting en van de situatie ter plaatse. Voor zettingen geldt dat minimaal 4 trillingsmeters op funderingsniveau moeten zijn aangebracht.



Figuur 1, meetposities en richtingen

Rekenwaarde van de trillingssnelheid

De rekenwaarde van de opwaarde van de trillingssnelheid dient te worden bepaald volgens:

$$V_d = V_{top} \cdot \gamma_v$$

Hierbij is:

- V_d de rekenwaarde van de trillingssnelheid;
- V_{top} de gemeten of statistisch bepaalde topwaarde van de trillingssnelheid in het meetpunt;
- γ_v de partiële veiligheidsfactor die het type meting in rekening brengt, volgens tabel 1.

Tabel 1: veiligheidsfactoren type meting

type meting	γ_v
indicatief	1,6
beperkt	1,4
uitgebreid	1,0

Rekenwaarde van de grenswaarde

De rekenwaarde van de grenswaarde wordt bepaald volgens:

$$V_r = \frac{V_{kar}}{\gamma_r}$$

Hierbij is:

- V_r de rekenwaarde van de grenswaarde;
- V_{kar} de karakteristieke waarde van de grenswaarde volgens tabel 3 en 4;
- γ_r de partiële veiligheidsfactor die het type trilling in rekening brengt, volgens tabel 2.

Tabel 2: veiligheidsfactoren type trillingsbron beganegrondniveau

type trillingsbron	constructie	fundering
kortdurend	1,0	1,0
herhaald kortdurend	1,5	1,6
continue	2,5	2,0

Tabel 3: karakteristieke waarde van de grenswaarde op de hoogste verdieping

gebouwcategorie	[mm/s]
1	40
2	15



Tabel 4: karakteristieke waarde van de grenswaarde op Beganegrondniveau

f [Hz]	cat. 1 [mm/s]	cat. 2 [mm/s]	Zetting fundatie a.g.v. versnelling [mm/s]
0	20,00	5,00	-
5	20,00	5,00	31,83
10	20,00	5,00	15,92
15	22,50	6,25	10,61
20	25,00	7,50	7,96
25	27,50	8,75	6,37
26	28,00	9,00	6,16
27	28,50	9,25	5,95
28	29,00	9,50	5,73
29	29,50	9,75	5,52
30	30,00	10,00	5,31
31	30,50	10,25	5,16
32	31,00	10,50	5,01
33	31,50	10,75	4,85
34	32,00	11,00	4,70
35	32,50	11,25	4,55
36	33,00	11,50	4,44
37	33,50	11,75	4,32
38	34,00	12,00	4,21
39	34,50	12,25	4,09
40	35,00	12,50	3,98
41	36,50	12,75	3,89
42	36,00	13,00	3,80
43	36,50	13,25	3,72
44	37,00	13,50	3,63
45	37,50	13,75	3,54
50	40,00	15,00	3,18

Tabel 5: karakteristieke waarde van de grenswaarde voor buisleidingen

Type buisleiding	[mm/s]
Staal (gelast)	100
Beton, gewapend beton, voorgespannen beton, staal	80
Metselwerk, kunststof	50

Tabel 6: karakteristieke waarde van de grenswaarde voor zetting van de funderingsconstructie a.g.v. trillingsnelheid

Zettingsgevoelige laag onder bouwwerk [m]	[mm/s]
1	20,0
2	18,6
3	17,1
4	15,7
5	14,3
6	12,9
7	11,4
8	10,0

Tabel 7: veiligheidsfactoren bouwkundige staat en monumentale status

situatie	γ_s
Bouwkundige staat: normaal	1,0
Monumentale status: geen	
Bouwkundige staat: gevoelig en/of Monumentale status: monument	1,7

Bepaling grenswaarde

- bepaal de karakteristieke waarde van de grenswaarde $V_{k,cr}$ volgens tabel 3, 4 en/of 5;
- bepaal de partiële veiligheidsfactor voor het type trillingsbron γ_t volgens tabel 2;
- bepaal de partiële veiligheidsfactor voor het type meting γ_v volgens tabel 1;
- bepaal de partiële veiligheidsfactor voor de bouwkundige staat en/of monumentale status γ_s volgens tabel 6;
- deel de karakteristieke waarde van de grenswaarde $V_{k,cr}$ door de veiligheidsfactoren voor het type trilling γ_t , type meting γ_v en de bouwkundige staat en/of monumentale status γ_s om de grenswaarde te bepalen;
- $V_{k,cr}$ voor zetting wordt niet gedeeld door veiligheidsfactoren;
- De bovenstaande bepaalde grenswaarde kan direct getoetst worden aan de geregistreerde topwaarde van de trillingssnelheid.

Voorbeelden bepaling grenswaarde trilwerkzaamheden

Trillingen veroorzaakt door *trilblokken* zijn van trillingsbron type 3 (continue trillingen). Voor het bepalen van de grenswaarde wordt uitgegaan van de frequentie van het trilblok. Bij hoogfrequente trilblokken is een frequentie tussen 30 en 40 Hz gebruikelijk. Bij de bepaling van de grenswaarde wordt van 38 Hz uitgegaan.

Voor gebouwcategorie 2 geldt een grenswaarde van 3,00 mm/s. (12,00 mm/s. / 2,5 / 1,6) indien gemeten wordt volgens een indicatieve meting.

Voor gebouwcategorie 2 als monument en/of in slechte staat geldt een grenswaarde van 1,76 mm/s. (12,00 mm/s. / 2,5 / 1,6 / 1,7) indien gemeten wordt volgens een indicatieve meting.

Voorbeelden bepaling grenswaarde heiwerkzaamheden

Trillingen veroorzaakt ten gevolge van *heiwerkzaamheden* zijn van trillingsbron type 2 (herhaald kortdurende trillingen). Voor het bepalen van de grenswaarde wordt uitgegaan van de maatgevende frequentie tijdens heiwerkzaamheden. Bij heiwerkzaamheden is een maatgevende frequentie tussen 5 en 20 Hz gebruikelijk. Bij de bepaling van de grenswaarde wordt van 10 Hz uitgegaan.

Voor gebouwcategorie 2 geldt een grenswaarde van 2,10 mm/s. (5,00 mm/s. / 1,5 / 1,6) indien gemeten wordt volgens een indicatieve meting.

Voor gebouwcategorie 2 als monument en/of in slechte staat geldt een grenswaarde van 1,23 mm/s. (5,00 mm/s. / 1,5 / 1,6 / 1,7) indien gemeten wordt volgens een indicatieve meting.



Schadekans

Volgens de bestaande praktijkervaringen en de SBR *meet- en beoordelingsrichtlijn* deel A 2017 bestaat er een aanvaardbaar kleine kans (kleiner dan 1%) dat schade aan bouwwerken en funderingen zal optreden indien de rekenwaarde van de trillingssnelheid kleiner is dan de rekenwaarde van de grenswaarde.

Indien voor de werkzaamheden al spanningen in de constructie zaten (bijv. door zetting, sloop of aanbouw) is het mogelijk dat deze spanningen door het trillen scheurvorming veroorzaken in de constructie. Deze spanningen zijn van tevoren niet in te schatten. Het is derhalve mogelijk dat wanneer geen overschrijdingen van de grenswaarde gemeten zijn, er toch schade optreedt. Gesteld kan worden dat de schadekans kleiner is dan 1% indien de gemeten waarden onder de gestelde grenswaarde blijft. In het algemeen is het zo dat deze schade in de loop der tijd ook zichtbaar was geworden (door zetting, verkeerstrillingen of door het gebruik). Het intrillen en/ of uittrillen van de damwanden heeft dit proces alleen versneld.

De beleving van trillingen verschilt per persoon. De trillingen worden door de mens al snel als een storende factor gezien en als ontoelaatbaar beschouwd, indien de trillingen voelbaar en hoorbaar worden in het gebouw waarin men aanwezig is. Dit is zeker het geval indien het iemands persoonlijk bezit betreft en de trillingen een lange periode aanhouden. In veel gevallen is de vrees voor schade ongegrond. De trillingen worden meestal hinderlijker ervaren wanneer het om een privé bezit gaat. Door een goede en tijdige inlichting van omwonenden worden veel klachten al voorkomen.

Opgemerkt wordt dat in Nederland geen normen zijn met betrekking tot trillingshinder voor personen en voor het bepalen van een schadekans door trillingen voor bouwwerken. De SBR richtlijn moet worden gezien als een hulpmiddel die bij het beoordelen van trillingen gebruikt kan worden en een globale indicatie geeft omtrent de ernst van de hinder. De beleving van de trillingshinder zal in de praktijk per persoon kunnen verschillen, terwijl de schadekans per bouwwerk ook kan afwijken door materiaal- en opbouwverschillen.