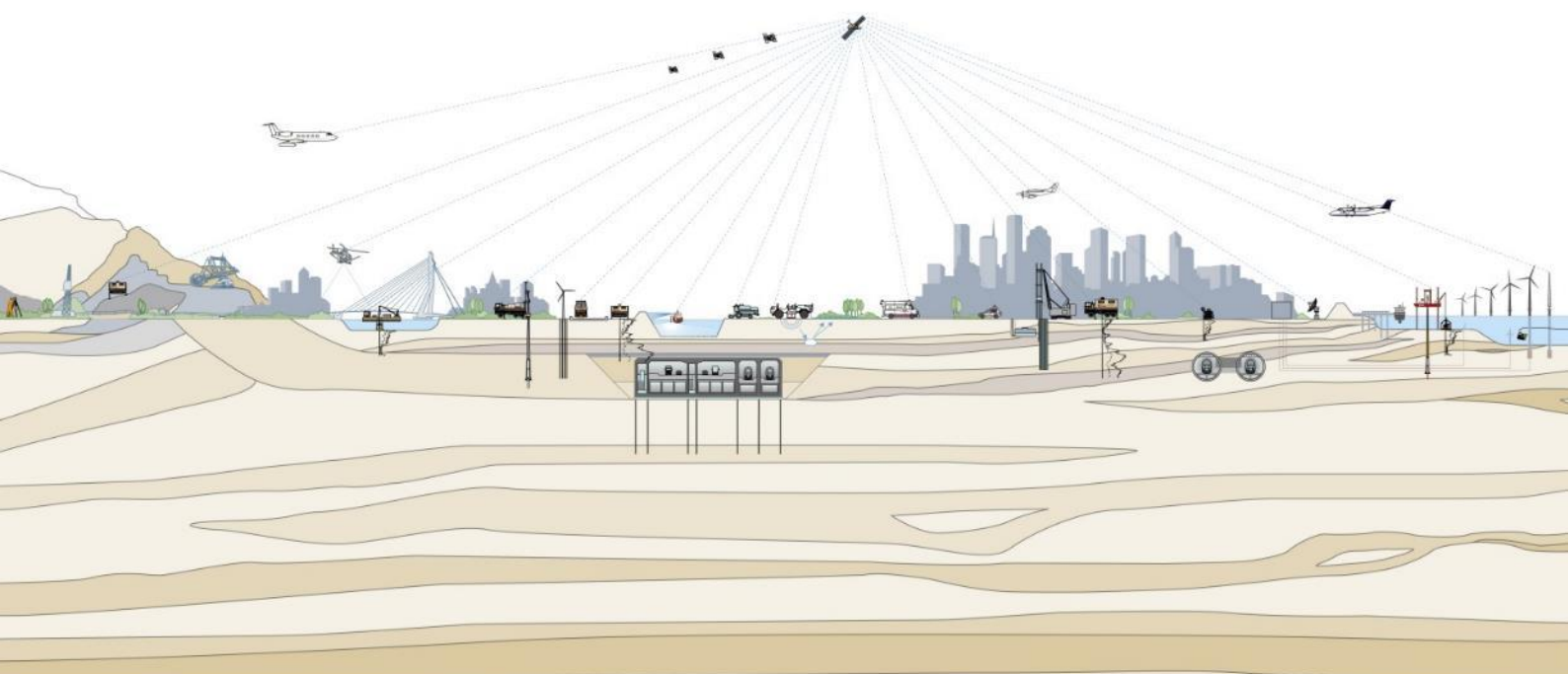


Trillingsrisicoanalyse Vervangen stuw Junne te Junne

Document Nr.: 1019-0086-000.R01

Versie: 1.2

Datum: 29 april 2019



TRILLINGSRISICOANALYSE
VERVANGEN STUW JUNNE TE JUNNE

Opdrachtgever Koops Grondmechanica B.V.
 7940 AK Meppel
 Postbus 428
 T.: 0522 260084

Datum 3 en 4 april 2019
 grondonderzoek

Opdrachtnemer Fugro NL Land B.V.
 Pop Dijkemaweg 72a
 9731 BG Groningen
 T.: 050-5412432

Projectleider R. Mastebroek
 Team Manager GeoConsulting
 T.: +31 (0)50 57 51 492

Versiebeheer

1.0	Initiële versie	FAY	ASN		17-04-2019
1.1	Damwand locaties zijn aangepast	FAY			19-04-2019
1.2	Hoger ppn en Incl. stuw	ASN			29-04-2019
Rev	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
2.	PROJECTOMSCHRIJVING	2
2.1	Projectlocatie	2
2.2	Terrein- en bodemgesteldheid	3
2.3	Toetsingskader trillingen	4
3.	ANALYSE TRILLINGSINVLOED	5
3.1	Karakteristieken werkzaamheden	5
3.2	Modellering	5
3.3	Trillingsoverdracht	7
4.	BEOORDELING EN TOETSING SBR RICHTLIJN A	8
4.1	Categorie	8
4.2	Grenswaarde	8
4.3	Toetsing en invloedsgebied	9
5.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	11
5.1	Risicoafweging	11
5.2	Conclusies en aanbevelingen	11

BIJLAGEN

A.	REPRESENTATIEVE SONDERING
B.	TOELICHTING MODELLERING TRILLINGEN
C.	TOELICHTING SBR – TOETSINGSKADER
D.	TRILLINGSTECHNISCHE VAKTERMEN

1. INLEIDING

Op 8 april 2019 ontving Fugro NL Land B.V. te Groningen van Koops Grondmechanica B.V. te Meppel de opdracht voor het uitvoeren van een trillingsrisicoanalyse voor het project vervangen stuw Junne te Junne.

In deze 2^e versie is de situatie mede beschouwd dat de damwandplanken minder diep (NAP – 2,3 m) worden ingetrild en is tevens de stuw zelf opgenomen in de analyses.

Doelstelling

Het doel van de trillingsrisicoanalyse is het bepalen van de trillingsinvloed ter plaatse van de belendingen. Daarnaast wordt de kans op schade getoetst op basis van SBR -Meet- en beoordelingsrichtlijnen A 'Schade aan gebouwen'. Beoordeling/toetsing op hinderbeleving en/of storing aan trillingsgevoelige apparatuur valt buiten het kader van de opdracht.

Grondonderzoek

Voor dit project is door Koops & Romeijn Grondmechanica B.V. onder opdrachtnummer 2019-0391 een geotechnisch onderzoek uitgevoerd bestaande uit 10 sonderingen.

Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de opdracht en de in het rapport beschreven uitgangspunten. Fugro neemt geen verantwoordelijkheid voor de juistheid van andere dan de door ons gerapporteerde conclusies en interpretaties. De gerapporteerde resultaten van het onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

2. PROJECTOMSCHRIJVING

2.1 Projectlocatie

De projectlocatie is gelegen aan de Junnerweg te Junne. In Figuur 2-1 is de projectlocatie met omliggende bebouwing opgenomen. Voor de kwelschermen zijn damwanden voorzien. Damwanden worden trillend geïnstalleerd.



Figuur 2-1: Projectlocatie met omliggende bebouwing, mogelijke damwand locaties zijn aangegeven met blauwe lijnen (bron: Google maps)

Belendingen

De belendingen zijn globaal beschouwd en er is een indeling gemaakt in gebouwcategorieën (conform SBR richtlijn A, 2017). De objecten bevatten metselwerk en/of een betonskelet waar tegenaan metselwerk is geplaatst, derhalve worden deze ingedeeld in Categorie 2. De funderingswijze is onbekend. Op basis van de sonderingen, wordt verwacht dat de objecten zijn gefundeerd op staal. Van de stuw is bekend dat deze metselwerk bevat (100 jaar oud) en dat deze op (houten) palen is gefundeerd. De belendingen zijn gekarakteriseerd zoals in tabel 2-1 is weergegeven en enkele voorbeelden worden getoond in de volgende figuren (Figuur 2-2 en Figuur 2-3).

Opgemerkt wordt dat er Rijksmonumenten aanwezig zijn op afstanden van ca. 700 m of meer (Junnerweg 7, Ommen, Karshoekweg 2, Stegeren en een archeologisch terrein 45806, Ommen). De

afstand tot de projectlocatie is dusdanig groot dat deze objecten niet als 'risicovolle belending' is aangemerkt en derhalve in de analyse buiten beschouwing zijn gelaten.

Bouwjaren

Via de BAG-viewer van het kadaster zijn de bouwjaren van de belendingen achterhaald. Het bouwjaar van de objecten varieert van 1914 tot 1980.

Tabel 2-1: Karakteristieken belendingen

Object	Adres	Afst. [m]	Bouwjaren	Categorie ¹⁾ SBR A	Karakteristieken draagconstructie
A	Junnerweg 9	15	1914&1980	Cat 2	metselwerk
B	Junnerweg 9e	25	1914	Cat 2	metselwerk
C	Junnerweg 10	130	1955	Cat 2	metselwerk
D	Stuw	12,5	1914	Cat 2	metselwerk

¹ In paragraaf 4.1 wordt ingegaan op de categorie indeling.



Figuur 2-2: Object A, Junnerweg 9
(Bron: Google maps)



Figuur 2-3: Object B, Junnerweg 9e
(Bron: Google maps)

2.2 Terrein- en bodemgesteldheid

Het grondonderzoek is door Koops & Romeijn grondmechanica B.V. ter plaatse van de projectlocatie uitgevoerd. De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP + 7,0 m tot NAP +5,92 m. Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek is in

tabel 2-2 een geschematiseerd bodemprofiel beschreven. In de bijlage A is representatieve sondering opgenomen.

Tabel 2-2: Globale bodemgesteldheid, op basis van DKM4

Diepte bovenkant laag in m t.o.v. NAP			Bodembeschrijving	
		+6,94	maaiveld	
+6,94	à	+1,25	Zand	Los gepakt
+1,25	à	-5,75	Zand	Matig gepakt, doorsneden door organische klei laagjes
-5,75	à	-23,25	Leem	Matig tot vast, doorsneden door lokale zandlaagjes
		-23,25	Maximaal verkende diepte	

Het grondwaterstand is gedurende het grondonderzoek niet gemeten. Op basis van DINOloket grondwatermonitoring is er uitgegaan van een grondwaterstand op NAP +3,0 m.

2.3 Toetsingskader trillingen

In Nederland worden trillingswaarden getoetst aan de grenswaarden uit de SBR richtlijnen uit augustus 2006 / december 2017, uitgegeven door Stichting Bouw Research, Rotterdam. De Raad van State erkent de richtlijnen als uitgangspunt voor jurisprudentie.

In totaal zijn er 3 SBR - richtlijnen, namelijk

- richtlijn A 2017: 'Schade aan bouwwerken';
- richtlijn B: 'Hinder voor personen in gebouwen';
- richtlijn C: 'Storing aan apparatuur'.

Afhankelijk van de constructieve staat, funderingswijze en ouderdom van de omliggende bebouwing, karakteristieken van de trillingsgevoelige apparatuur en de afstand tot de werkzaamheden, bestaat in het algemeen de mogelijkheid dat de trillingen kunnen leiden tot:

- schade aan de draagconstructie van omliggende gebouwen;
- hinder voor personen in gebouwen;
- storing aan trillingsgevoelige apparatuur;
- zettingsschade door verdichting van los gepakt zand.

3. ANALYSE TRILLINGSINVLOED

3.1 Karakteristieken werkzaamheden

Trilwerkzaamheden

Op basis van het informatie verstrekt door de opdrachtgever, wordt het onderstaande toegepast:

- Damwanden L603, een lengte van ca. 15 m, punt damwand op -6,80 m (voorgaande versie)
- Damwanden L603, een lengte van ca. 10,5 m, punt damwand op -2,30 m (deze versie)

Door de opdrachtgever zijn specificaties van het te hanteren trilblok verstrekt (ICE 6RFB). Verwacht wordt dat met het hoogfrequente trilblok de planken op diepte te krijgen zijn. De maximale slagkracht van dit trilblok bedraagt 375 kN. Gezien de hoge conusweerstand is ook een slagkracht van 650 kN beschouwt.

- Slagkracht 377 - 650 kN

Verwacht wordt dat de efficiëntie van het trilblok circa 95% bedraagt.

Relevantie van de blokkeuze

Het hierboven beschouwde blok kan goed geregeld worden, zodat niet met een te hoog of te laag slagkracht op de planken geslagen behoeft te worden. De acceptatie van het gekozen blok dient door de aannemer in overleg met constructeur te worden verzorgd. Geadviseerd wordt bij de tril-aannemer te verifiëren of gedane aanname van het trilblok (slagkracht) haalbaar is.

Bovengenoemde aannamen zijn als uitgangspunt voor de analyse gehanteerd. In geval van wijzigingen in het te hanteren equipment en/of materieel, wordt aanbevolen de analyse/toetsing aan te laten passen.

3.2 Modellerings

In de bijlage B "Toelichting Modellerings trillingen" wordt nader ingegaan op de theoretische achtergrond omtrent trillingen.

De modellerings en het opstellen van de trilling risicoanalyse vindt plaats op basis van CUR - publicatie 166 "Damwandconstructies". In genoemde CUR - publicatie wordt onderscheid gemaakt in verschillende bodemkarakteristieken, verschillende palen en damwandplanken alsmede in verschillende wijzen van inbrengen.

Bronwaarde trillingsbron

In CUR 166 wordt voor de bronintensiteit van de trillingsintensiteit een "standaard" bodemprofiel gehanteerd. Door de bronwaarden van het "standaard" profiel te correleren met de grondcondities van de projectlocatie is met lokale omstandigheden rekening gehouden. Voor de modellerings van de projectlocatie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

■ Damwanden	gemiddelde bronsnelheid u_{5m} , trillen	2,2 mm/s
	variatie coëfficiënt, trillen	1,1

Voor het bepalen van de trillingsintensiteit in de draagconstructie wordt gebruik gemaakt van een overdrachtsfactor van 0,7 van grond naar draagconstructie (conform CUR 166 4^e druk). In het geval van houten palen wordt gebruik gemaakt van een overdrachtsfactor van 1,0.

In tegenstelling tot de in CUR 166 (6^e druk) gehanteerde lognormale verdeling met eenvoudige veiligheidsbenadering wordt in de analyse uitgegaan van een normale verdeling. Uit een vergelijking van prognose waarden en uitgevoerde metingen is gebleken dat in de praktijk prognoses met een normale verdeling beter aansluit (Fugro projecten).

Maatgevend in de beschouwing zijn de trillingen bij trillen op diepte. In de beschouwing is aangenomen dat effecten optredend in de toplaag en/of eventueel aanwezige tussenzandlagen ondergeschikt zijn aan de trillingsintensiteiten bij trillen op diepte. Bij de start van de werkzaamheden zijn de trillingsintensiteiten niet maatgevend.

Damping grond

Tijdens de installatie van de palen wordt de omringende grond in beweging gebracht. Hierdoor ontstaan trillingen. Deze trillingen planten zich als golven door de ondergrond voort. Te onderscheiden zijn compressie-, afschuif- en Rayleigh-golven.

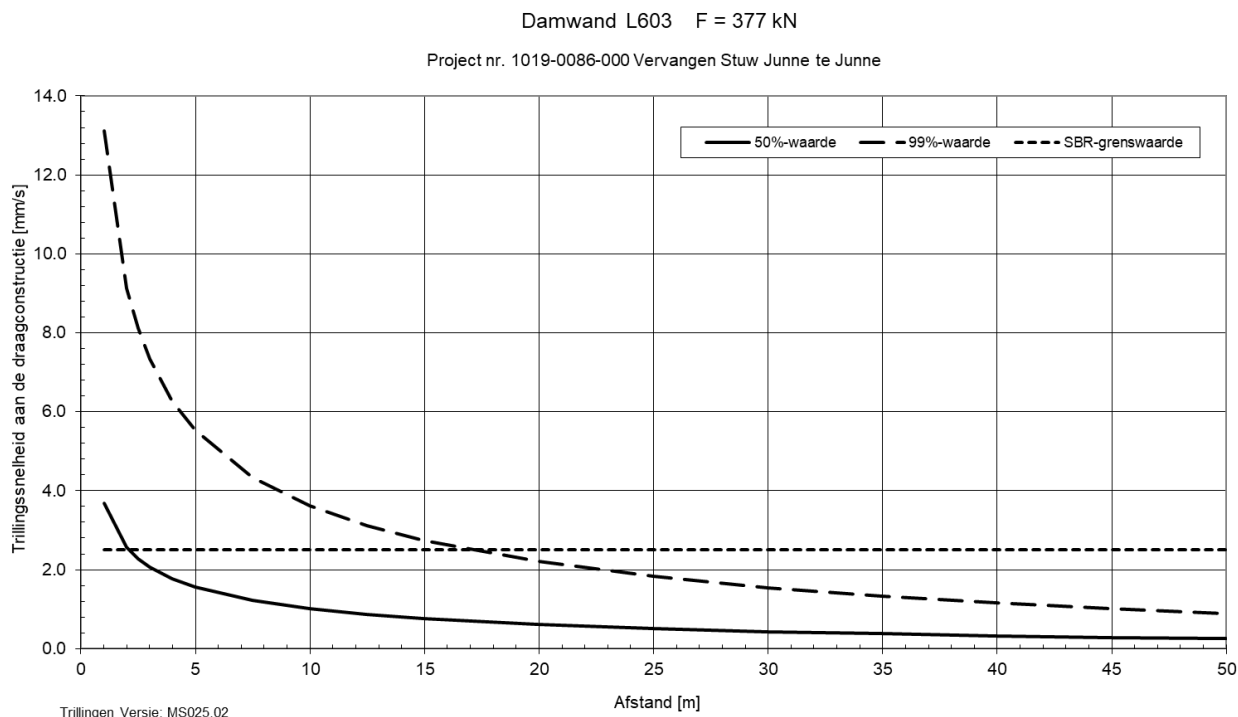
Op korte afstand van de trillingsbron zijn qua trillingsniveau zowel de afschuif- als Rayleigh golven van belang. Op grotere afstand zijn met name Rayleigh golven (oppervlaktegolven) van belang. De voortplantingssnelheid van de trillingsgolven in de aanwezige zandlagen bedraagt globaal 125 à 200 m/s.

De damping is in sterke mate afhankelijk van de mate waarin het grondmateriaal vervormd wordt onder invloed van de homogeniteit en de gelaagdheid van het bodemprofiel.

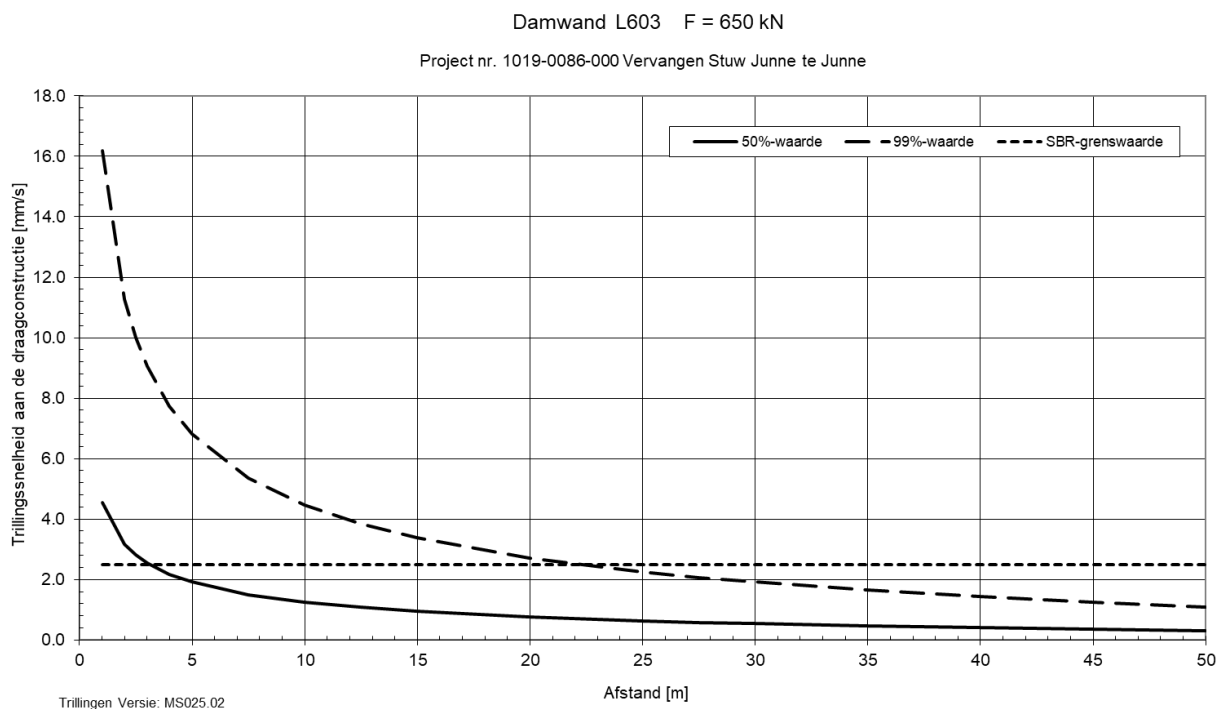
Tijdens het trillen van de palen wordt bij een dempingsmaat van $\zeta = 1$ tot 2% uitgegaan van een dempingsconstante van circa $\alpha = 0,015 \text{ m}^{-1}$.

3.3 Trillingsoverdracht

In onderstaande figuren is grafisch de berekende trillingssnelheid aan de draagconstructie als functie van de afstand gepresenteerd.



Figuur 3-1: Trillen, intensiteiten aan de draagconstructie, SBR grenswaarde Cat 2 indicatieve meting, $F=377 \text{ kN}$



Figuur 3-2: Trillen, intensiteiten aan de draagconstructie, SBR grenswaarde Cat 2 indicatieve meting, $F=650 \text{ kN}$

4. BEOORDELING EN TOETSING SBR RICHTLIJN A

4.1 Categorie

In SBR richtlijn A wordt onderscheid gemaakt in de constructiewijze en in de staat van het bouwwerk. De onderstaande indeling in categorieën van bouwwerken en van onderdelen daarvan wordt aangehouden:

- **categorie 1:** in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout;
- **categorie 2:** in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk of uit brosse steenachtige materialen of uit brosse steenachtige materialen en bouwwerk met monumentale status of in een gevoelige staat (2 (M) met een extra veiligheidsfactor).

Funderingswijze

Daarnaast wordt door SBR - richtlijn A onderscheid gemaakt in trillingsgevoelige en niet-trillingsgevoelige funderingen. Funderingen op staal worden over het algemeen als trillingsgevoelig aangemerkt, waarbij rekening dient te worden gehouden met schade door (ongelijkmatige) zettingen. Omdat de verwachting is dat de woningen gefundeerd zijn op staal is een grenswaarde voor trillingsgevoelige funderingen ook van toepassing.

Indeling belendende objecten

Alle belendingen worden ingedeeld in SBR-**categorie 2**. Geadviseerd wordt de gedane aanname van categorie indeling en funderingswijze te verifiëren.

4.2 Grenswaarde

In de bijlage C "*Toelichting SBR toetsingskader*" wordt nader ingegaan op de bepaling van de grenswaarde.

Op basis van SBR - richtlijn A 2017 "*Schade aan bouwwerken*" wordt de grenswaarde van de trillingssnelheid bepaald. Op basis van het type trillingsbron, de constructie- en funderingswijze van de omliggende bebouwing worden de maatgevende grenswaarden bepaald. Volgens de richtlijn is de kans op schade aanvaardbaar klein (kleiner dan 1%) indien de rekenwaarde van de grenswaarden niet overschreden worden.

Voor de bepaling van de rekenwaarde van de grenswaarden is de dominante frequentie van de trilling een maatgevende factor. De rekenwaarden van de grenswaarden zijn opgenomen in tabel 4-1.

Tabel 4-1: Grenswaarden [mm/s] conform SBR - richtlijn A 'Schade aan gebouwen'

Dominante frequentie	Karakteristieke waarden		Partiële veiligheidsfactor		Rekenwaarde grenswaarde trillingssnelheid ¹⁾	
	Fundering op staal	Cat. 2	Trillen	Fundering op staal	Cat. 2	Fundering op staal
[Hz]	[mm/s]	[mm/s]	[-]		[mm/s]	[mm/s]
30	5,3	10,0	2,5	1,0	4,0/2,5	5,3
40	4,0	12,5	2,5	1,0	5,0/3,1	4,0

¹ Excl./incl. partiële veiligheidsfactor soort meting.

Bij het trillen van damwanden geldt een frequentie van 30-40 Hz. De vet gemarkeerde waarden in de tabel zijn maatgevend voor de voorliggende analyse met betrekking tot trillingen aan de draagconstructie en aan de fundering op staal.

Partiële factor soort meting

Niet van invloed op de resultaten van de trillingsrisicoanalyse, maar uiteindelijk wel van invloed op de toe te passen grenswaarde bij mogelijk uitgevoerde trillingsmetingen, is de factor voor de soort meting. De grootte van de partiële factor voor de soort meting varieert tussen 1,0 en 1,6 en is afhankelijk van de wijze van meten (uitgebreidheid van de meting).

Er is sprake van een "indicatieve" (=1,6), een "beperkte" (=1,4) of een "uitgebreide" meting (=1,0). Omdat met een trillingsrisicoanalyse op voorhand geen invulling gegeven kan worden voor de uitgebreidheid van het aantal meetpunten, wordt geen factor hiervoor gehanteerd. De uitgebreidheid van de meting is immers geheel afhankelijk van de insteek van de opdrachtgever waarbij kosten voor de metingen en mogelijke aanvaardbare risico's meegewogen worden.

Conform SBR richtlijn A dienen de meetresultaten vermenigvuldigd te worden met deze factor. In de praktijk bij het programmeren van de meters, wordt de grenswaarde gedeeld door deze factor, omdat de meetwaarden immers nog niet bekend zijn.

4.3 Toetsing en invloedsgebied

Invloedsgebied

Binnen het invloedsgebied wordt verwacht dat de kans op overschrijden van de grenswaarde groter is dan 1%. In Tabel 4-2 is de geprognosticeerde grootte van het invloedsgebied opgenomen.

Tabel 4-2: Invloedsgebieden draagconstructie

Damwand Type	Lengte [m]	Slagkracht [kN]	Invloedsgebied ¹⁾ [m]	
			Cat. 2	Fundering op staal
L603	15	377	10,0 / 17,5	20
		650	12,5 / 22,5	25

¹⁾ uitgebreide / indicatieve meting

Toetsing

Op basis van de prognose waarden en de grenswaarden zijn de overschrijdingskansen voor de afzonderlijke objecten bepaald (tabel 4-3).

Tabel 4-3: Kans op overschrijding v/d grenswaarde bij objecten

Object	Grenswaarde [mm/s]		afstand	Draagconstructie ¹⁾		Fundering op staal	
	Draagconst ructie Cat 2 ¹⁾	Funderi ng op staal	[m]	F = 377 kN	F = 650 kN	F = 377 kN	F = 650 kN
A	4,0/2,5	4,0	15	< 1% / <1%	<1% / 5%	1%	5%
B	4,0/2,5	4,0	25	< 1% / < 1%	< 1% / < 1%	< 1%	< 1%
C	4,0/2,5	4,05	130	< 1% / < 1%	< 1% / < 1%	< 1%	< 1%
D	4,0/2,5	-	12,5	< 5% / < 1%	10% / 5%	-	-
¹⁾ uitgebreide / indicatieve meting							

Opmerking

Opgemerkt wordt dat er sprake is van een grenswaarde voor schade aan de draagconstructie, waarbij de grenswaarde in de orde van grootte van enkele mm/s ligt. Bij hinderbeleving liggen de toetswaarden van de trillingsintensiteit in de orde van grootte van tiende van mm/s, zodat verwacht wordt dat hinderbeleving optreedt.

Tot een invloedsgebied van ruim 100 m buiten de werkzaamheden wordt verwacht dat de trillingen nog “voelbaar” zijn. Geadviseerd wordt de bewoners van omliggende woningen te informeren dat er tijdelijk “hinderlijke” trillingen te verwachten zijn.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Risicoafweging

De trillingsrisicoanalyse geeft inzicht in de kans op overschrijding van het toetsingscriterium. Hoe met dit risico om wordt gegaan is ter keuze aan de opdrachtgever en is afhankelijk van economische factoren.

Hierbij kan de volgende afweging worden gemaakt, uitgaande van de geprognosticeerde overschrijdingskansen van de grenswaarden ter voorkoming van schade:

- **overschrijdingskans kleiner dan 1%:** in de huidige praktijk wordt het risico van overschrijding aanvaardbaar klein geacht. De risico's voor de omgeving zijn nihil en kans op stagnatie van voortgang van het werk is gering;
- **overschrijdingskans 1% tot 5%:** in de huidige praktijk wordt het risico van overschrijding vaak geaccepteerd, waarbij trillingsreducerende maatregelen worden overwogen en ingezet indien dit nodig blijkt;
- **overschrijdingskans 5% tot 25%:** in de huidige praktijk wordt het risico van overschrijding vaak geaccepteerd, waarbij trillingsreducerende maatregelen worden ingezet. Daarnaast dient rekening te worden gehouden met het eventueel toepassen van een trillingsvrij of -arm inbrengsysteem (indien grenswaarden (dreigen te) worden overschreden). De omvang van het invloedsgebied en daarmee de grootte van de overschrijdingskans is te reduceren door het uitvoeren van hei- en of trilproeven. Met deze proeven wordt inzicht verkregen in de werkelijk optredende trillingsintensiteiten;
- **overschrijdingskans meer dan 25%:** geadviseerd wordt af te zien van het trillend inbrengen van de palen/damwanden en een volledig trillingsarm inbrengsysteem te kiezen.

Monitoring

Geadviseerd wordt te allen tijde de werkzaamheden te monitoren (trillings- en deformatiemetingen). Opgemerkt wordt dat het risico van overschrijdingen van grenswaarden kan worden geaccepteerd, echter overschrijdingen bij monitoring worden niet geaccepteerd door toetsende instanties, omdat de kans op schade hierbij groter is dan 1%.

Bij het nader bepalen van de grootte van het invloedsgebied en de optredende risico's tijdens het uitvoeren van een hei- of trilproef, wordt er gemeten op meerdere locaties. Hierdoor is de kans op meten op/in "zwakke" locaties aan het object groter, waardoor er meer zekerheid ontstaat in de maatgevende locaties.

5.2 Conclusies en aanbevelingen

Opdrachtverstrekking

In opdracht van Koops Grondmechanica B.V. te Meppel heeft Fugro NL Land B.V. te Groningen een aanvullende trillingsrisicoanalyse opgesteld ten behoeve van het project vervangen stuw Junne te Junne.

Een beoordeling/toetsen van trillingen op schade (SBR A 2017) is uitgevoerd. Beoordelingen en toetsingen van de geprognosticeerde waarden op hinderbeleving (SBR richtlijn B) en op storing aan apparatuur (SBR richtlijn C) zijn niet uitgevoerd.

Onzekerheden prognosemodel

De resultaten van de berekeningen zijn gebaseerd op eenvoudige empirische modellen, waarvan de parameters zo goed mogelijk zijn aangepast aan waarnemingen in de praktijk en ervaring binnen Fugro bij vergelijkbare projecten. Dit betekent dat rekening dient te worden gehouden met enige spreiding in de resultaten.

Materieel

De damwanden type L603 mm met een lengte van circa 15 m, puntniveau komt te staan op NAP - 2,3 m. In een voorgaande versie is een niveau van NAP -6,8 m aangehouden.

Objecten

De beschouwde belendingen zijn:

- Object A (Junnerweg 9, categorie 2, gefundeerd op staal, afstand 15 m)
- Object B (Junnerweg 9e, categorie 2, gefundeerd op staal, afstand 25 m)
- Object C (Junnerweg 10, categorie 2, gefundeerd op staal, afstand 130 m)
- Object D (stuw, categorie 2, gefundeerd op (houten) palen, afstand 12,5 m)

Trilbaarheid

Er zijn geen trilbaarheidsanalyses uitgevoerd. Door de opdrachtgever is aangegeven dat de planken met een hoogfrequent trilblok type 6RFB op diepte gebracht gaan worden. Dit trilblok heeft een maximale slagkracht van 375 kN.

Opgemerkt wordt dat gegeven de grondslag met relatief hoge conuswaarden en mede gegeven het type plank (en plankpunt niveau), wordt verwacht dat met een maximale slagkracht van circa 375 kN sprake zal zijn van zwaar trilwerk. Verwacht wordt dat met een slagkracht van circa 650 kN de trilwerkzaamheden minder zwaar zullen zijn.

Geadviseerd wordt de gedane aannames te verifiëren met de aannemer, met name het gehanteerde trilblokslagkracht.

Grenswaarde SBR A

De grootte van de grenswaarde aan de draagconstructie is mede afhankelijk van de uitgebreid het van de meting. Uitgegaan is van een 'indicatieve meting', ofwel monitoring per object met 1 meetpunt.

Invloedsgebied

Binnen het invloedsgebied wordt verwacht dat de kans op overschrijden van de grenswaarde groter is dan 1%. Wordt een grootte van het invloedsgebied verwacht van:

- | | | | |
|-----------------------|------------|--------------------|---------------------------------|
| ■ Damwanden (trillen) | F = 377 kN | Categorie 2 | ca. 17,5 m (Indicatieve meting) |
| | | Fundering op staal | ca. 20 m |
| | F = 650 kN | Categorie 2 | ca. 22,5 m (Indicatieve meting) |
| | | Fundering op staal | ca. 25 m |

Overschrijdingskansen draagconstructie SBR A

Ten gevolge van de trilwerkzaamheden wordt voor de bebouwing op afstanden groter dan 25 m verwacht dat de risico's op schade aanvaardbaar klein zijn (overschrijdingskansen van de grenswaarde

<1%). De overschrijdingskansen en de bijhorende invloedsgebieden zijn mede afhankelijk van het gehanteerde materieel en de afstand van het werk tot de belendingen.

Geconcludeerd is dat de overschrijdingskans van de SBR A-grenswaarde ter plaatse van de objecten B en C aanvaardbaar klein zijn, bij toepassing van beide slagkrachten met een “indicatieve” meting (1 meetpunt per object. Vanwege de korte afstand, kan er sprake zijn van een overschrijdingskans bij Object A (Junnerweg 9) en object B (stuw). Het risico bij de stuw is groter dan bij Junnerweg 9.

Advies

Geadviseerd wordt de werkzaamheden te minimaal monitoren (trillingsmetingen bij object A en object D), tevens kan het overwogen worden de trillingsintensiteiten te reduceren door het toepassen van trillingsreducerende maatregelen.

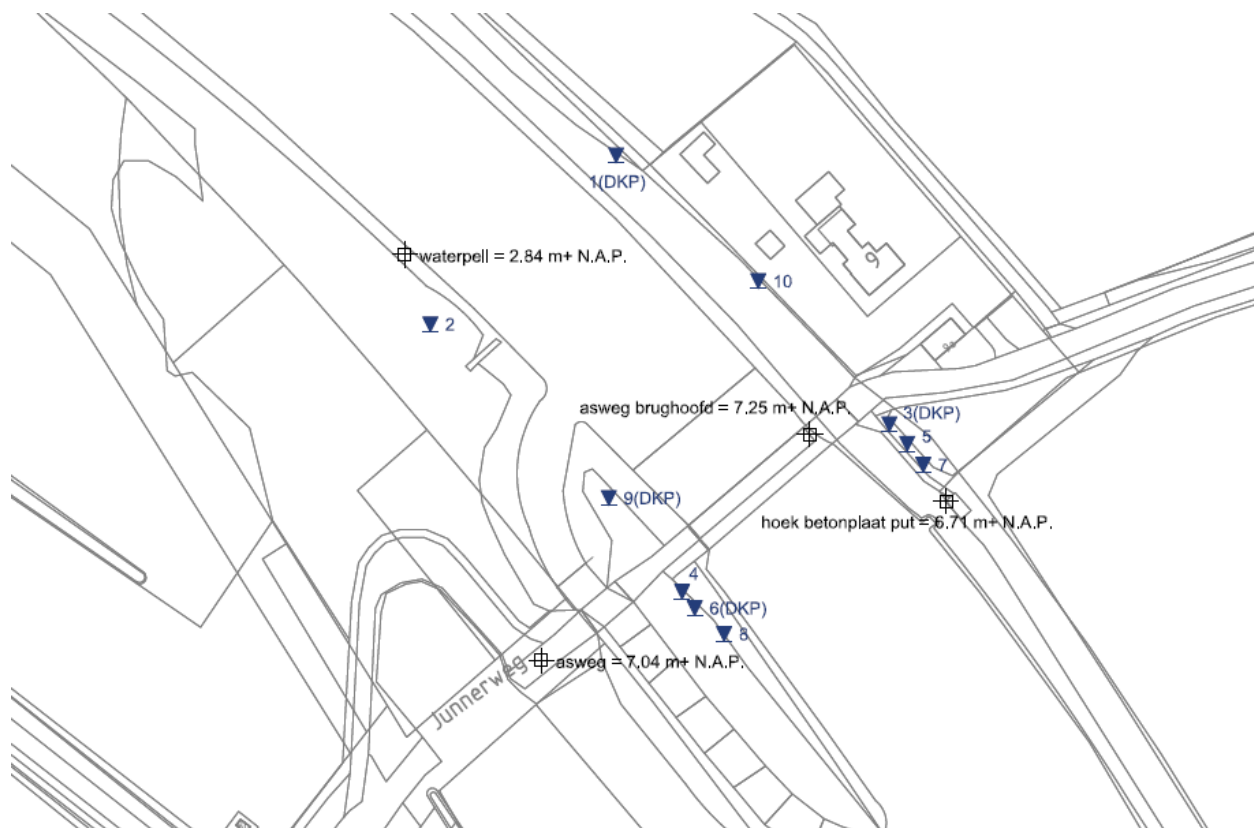
Bij het trillen van damwanden kan als trillingsreducerende maatregel gedacht worden aan:

1. Starten met de werkzaamheden op een veilige afstand (=groter dan het invloedsgebied).
2. het toepassen van een zwaardere blok, waarbij vervolgens gereduceerde instellingen worden gehanteerd
3. het voorboren van de sloten van de planken. Er mogen maximaal 3 locaties in het vooruit voorgeboord worden, aangezien dan ten gevolge van de trilwerkzaamheden het voorgeboorde gat weer wordt verdicht.
4. Het installeren van damwandplanken is gebaseerd op waterOVERspanningen. Zonder wateroverspanningen zal de plank slecht penetreren. De overspanningen kunnen verkregen worden door:
 - a. Fluideren van planken. Met fluideren wordt rond de plankpunt het korrelskelet gebroken (er komt geen grond langs de plank omhoog). Bij fluideren worden geen spuitlansen gehanteerd waarmee grond omhoog gespoeld wordt. Om afdoende draagkracht te generen wordt geadviseerd, nadat de plank op diepte gekomen is, kort te trillen zonder te fluideren.
 - b. Vroegtijdig de werklocatie te infiltreren met water (bewateren). Het op maaiveld (of er net onder) continue ingebrachte water dient voldoende tijd te krijgen om in de ondergrond in te zijgen.
5. Mochten meetwaarden ver boven de grenswaarde optreden, dan dient overgestapt te worden op trillingsarm installeren. Bijvoorbeeld met een Quatrostelling c.q. een Silent Piler / van Gikken stelling

BIJLAGEN

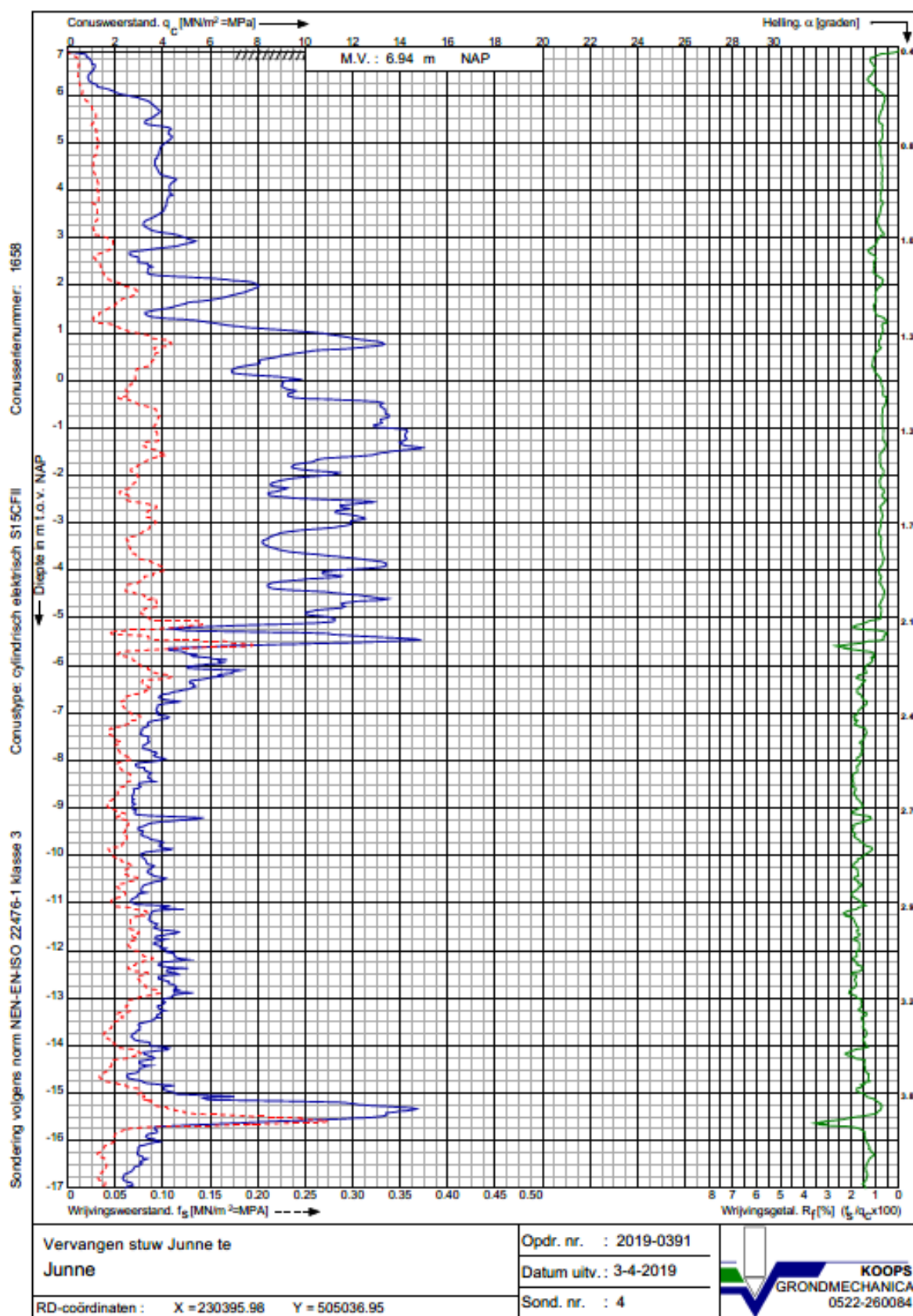
- A. REPRESENTATIEVE SONDERING**
- B. TOELICHTING MODELLERING TRILLINGEN**
- C. TOELICHTING SBR – TOETSINGSKADER**
- D. TRILLINGSTECHNISCHE VAKTERMEN**

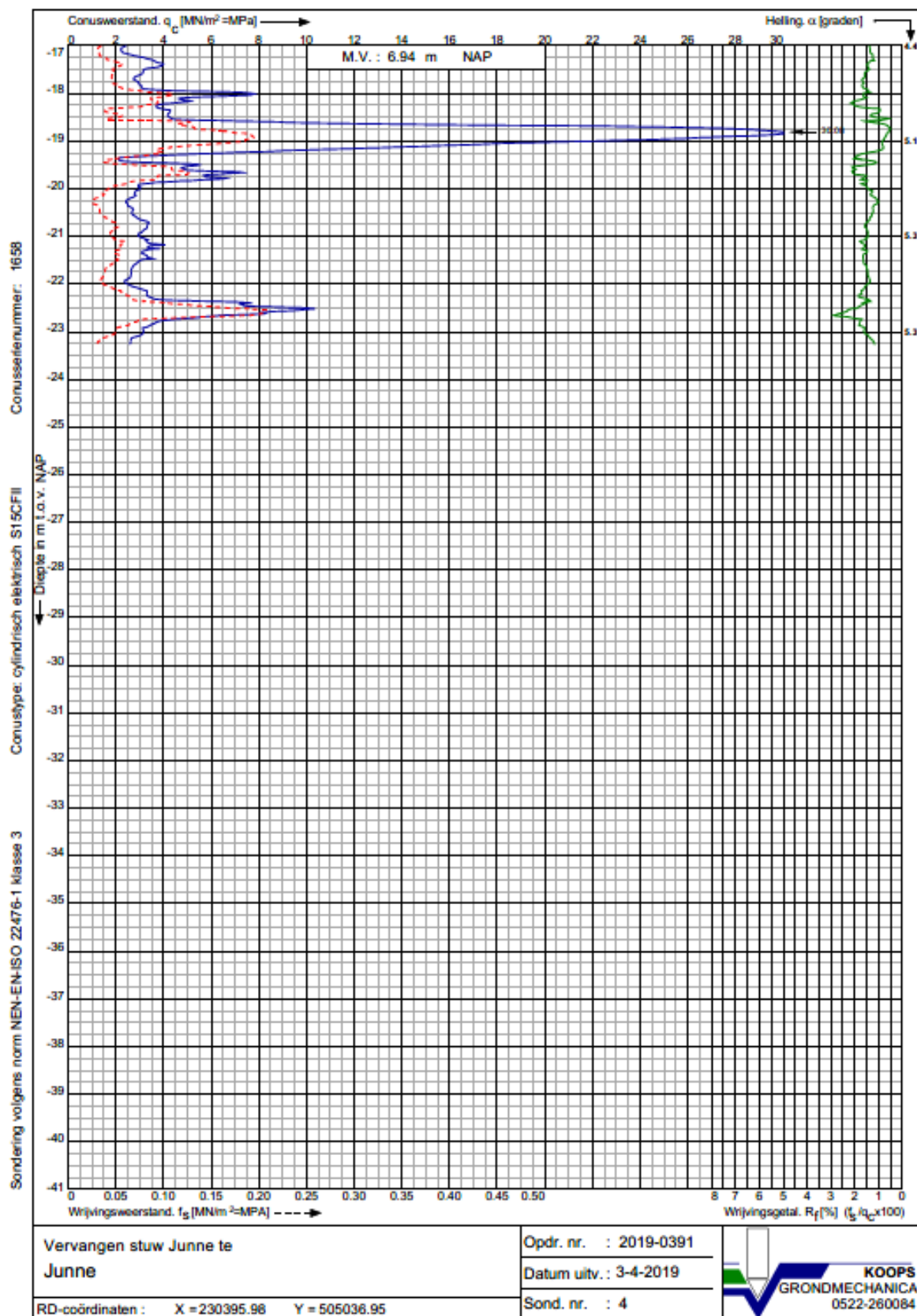
A. REPRESENTATIEVE SONDERING



TRILLINGSRISICOANALYSE

VERVANGEN STUW JUNNE TE JUNNE





B. TOELICHTING MODELLERING TRILLINGEN

Modellering conform CUR 166

De modellering en het opstellen van de trillingsrisicoanalyse vindt plaats op basis van CUR - publicatie 166 'Damwandconstructies'. In genoemde CUR - publicatie wordt onderscheid gemaakt in verschillende bodemkarakteristieken en verschillende palen en planken alsmede de verschillende wijzen van inbrengen.

Wanneer een paal of plank in een grondmassief doordringt, veroorzaakt deze langs en aan de onderzijde van de paal plastische en elastische vervormingen. Door de snelle introductie van deze vervormingen ontstaan golfverschijnselen in de grond. De plastische golfverschijnselen blijven beperkt tot een gebied rondom de paal/plankpunt met een doorsnede van ongeveer 1,5 tot 2,5 maal de equivalente paal/plankdiameter.

Voor de trillingen in de omgeving zijn alleen de elastische golven van belang. Wanneer de paal/plank enige meters diep in de grond is doorgedrongen, ontstaan trillingsgolven die zich in alle richtingen (kunnen) voortplanten. Komen deze golven aan de oppervlakte, bij een laagovergang of bij een bouwwerk, dan vindt hier reflectie en omzetting van de trillingsgolven plaats, zodat een interferentiepatroon van bodembewegingen ontstaat. Gezien de complexiteit van dit interferentiepatroon kan de bodembeweging slechts in benaderende zin beschreven worden.

De factoren die invloed hebben op de intensiteit van de trillingen die door installatie van de palen / planken aan de bodem worden afgegeven zijn:

- eigenschappen van de ondergrond;
- afmetingen van de paal/plank;
- energie / slagkracht die nodig is om de paal / plank op diepte te krijgen.

Bronsterkte

CUR 166 hanteert voor Nederland enkele karakteristieke bodemprofielen. Voor deze karakteristieke bodemprofielen is voor de verschillende wijzen van inbrengen van palen en planken, een bronintensiteit gegeven op een referentie afstand van 5 m tot de bron. De bronsterkten zijn gerelateerd aan een lognormaal verdeling. In de analyse wordt gebruik gemaakt van een normale verdeling. Op basis van praktijkervaringen, waarbij prognoses met metingen vergeleken zijn, is gebleken dat prognose waarden, waarbij een normale verdeling is gehanteerd, beter aansluit op de meetwaarden.

Voor de karakteristieke bodemprofielen zijn indicatiewaarden gegeven voor de damping, de referentiesnelheid (u_0) op 5 m en de variatiecoëfficiënt van de trillingsbron voor het in- en uitrillen van damwandplanken of het heien van stalen buispalen. Voor de meeste situaties zijn geen indicatiewaarden gegeven en dient de referentiesnelheid geschat te worden. Voor het trillingsniveau zijn het noodzakelijke inheinniveau en de grondopbouw van grotere invloed dan het paal/planktype of – lengte. Deze factoren worden in rekening gebracht.

Bepaling bronsterkte heien

De referentie trillingsintensiteit wordt bepaald met een empirische formule, welke afhankelijk is van het vermogen van het heiblok:

$$V_{0,(x=5m)} = u_0 \cdot \sqrt{\psi * E}$$

Vergelijking 5.1

waarin:

$v_0(x=5m)$	=	trillingsnelheid op referentieafstand van 5 meter	[mm/s];
u_0	=	referentie trillingsnelheid	[mm/s];
E	=	inhei-energieniveau	[Nm];
ψ	=	stootrendement	[-].

Op basis van deze relatie is de bronsterkte van de trillingssnelheid bepaald.

Bepaling bronsterkte trillen

De bronsterkte van het intrillen van stalen damwandelementen wordt bepaald met de volgende empirische relatie:

$$v_{0,(x=5m)} = u_{0+0,002(F-350)}$$

Vergelijking 5.2

waarin:

v_0	=	bronsterkte van de trillingsintensiteit op 5 m afstand van de bron	[mm/s];
u_0	=	referentie trillingsnelheid op 5 m afstand	[mm/s];
F	=	slagkracht trilblok	[kN].

Bij uittrillen wordt voor de referentiesnelheid op 5 m afstand 1,5 maal de waarde voor intrillen gehanteerd.

Trillingsoverdracht in de ondergrond

Tijdens de installatie van de palen / planken wordt de omringende grond in beweging gebracht. Hierdoor ontstaan trillingen. Deze trillingen planten zich als golven door de ondergrond voort. Te onderscheiden zijn compressie-, afschuif- en Rayleigh-golven.

Bij compressiegolven (drukgolven) bewegen de gronddeeltjes zich in dezelfde richting als de voortplantingsrichting van de drukgolf. Ten gevolge van de afschuifgolf worden de gronddeeltjes zijdelings bewogen, loodrecht op de voortplantingsrichting van de golf. Aangezien zowel de compressie- als afschuifgolven zich bolvormig voortplanten wordt de trillingsenergie over een steeds groter volume verdeeld en zal dus vrij snel afnemen.

Ten gevolge van de afschuifgolven en compressiegolven aan het maaiveld ontstaan zogenaamde oppervlaktegolven (Rayleigh-golven). Deze golven nemen het grootste deel van de totale trillingsenergie op en kenmerken zich door een geringe dieptewerking, waardoor deze golven op grotere afstand van de bron nog steeds een behoorlijke trillingssterkte kunnen bezitten.

De afname van de amplitude van de golven wordt veroorzaakt door geometrische demping. Tevens vertoont de grond door inwendige wrijving een dissipatief gedrag (energieverlies) bij vervormingen, wat materiaaldemping wordt genoemd. Dit energieverlies wordt gemodelleerd door hysteretische demping.

Indien de geometrische verzwakking en de materiaaldemping worden samengenomen kan met onderstaande relatie de amplitude van een trilling op een afstand x van de bron bepaald worden:

$$v(x) = v_0 \sqrt{\frac{x_0}{x}} e^{-\alpha(x-x_0)}$$

Vergelijking 5.3

waarin:

- $v(x)$ = trillingssnelheid op afstand x van de bron [mm/s];
 v_0 = bronsterkte van de trillingsintensiteit op 5 m afstand van de bron [mm/s];
 x_0 = referentieafstand van 5 m tot de bron [m];
 x = afstand tot de bron [m];
 α = karakteristieke dempingsconstante ten gevolge van materiaaldemping [m⁻¹].

Verwijzend naar CUR-166 wordt in de tabellen een indicatieve waarde voor de dempingsconstante α gepresenteerd van 0,00 à 0,03 m⁻¹. Afhankelijk van de grootte van de golfsnelheden (oppervlakte golf) is een nadere indicatie voor de karakteristieke bodemdemping α te bepalen met:

$$\alpha = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \zeta}{c}$$

Vergelijking 5.4

waarin:

- f = dominante frequentie [Hz];
 ζ = dempingsmaat als functie van de vervormingshoek [-];
 c = voortplantingssnelheid van de trilling in de bodem [m/s].

Ter indicatie zijn in CUR 166 voor zand snelheden van 100 tot 200 m/s, voor klei snelheden van 50 tot 100 m/s en voor veen snelheden van 75 tot 125 m/s aangegeven.

Trillingsoverdracht naar bebouwing

De optredende trillingen in de ondergrond worden overgedragen naar de fundering van de nabij gelegen gebouwen. De overdracht vindt plaats op verschillende manieren, zoals:

- overdracht van de trillingen in het zandpakket via de fundering;
- overdracht van de oppervlaktegolven direct onder het maaiveld op de funderingsconstructie.

Bij de overdracht van trillingen van de bodem naar de funderingselementen en de draagconstructie treedt een zekere mate van demping op. Voor de overdrachtsfunctie van de trillingsintensiteit van de ondergrond naar de fundering en draagconstructie is een schatting gemaakt, gebaseerd op CUR 166.

Trillingsoverdracht naar vloeren

Voor het bepalen van de hinderbeleving en bij beoordeling van trillingsgevoelige apparatuur zijn de trillingsintensiteiten op de vloeren van belang. Bij de overdracht van de trillingsintensiteit aan de draagconstructie naar die op vloeren en ondersteunende onderdelen treedt enig opslinger effect op. Het opslinger effect wordt met factoren in rekening gebracht. De maximale trillingsintensiteit in het midden van de vloer volgt door de trillingsintensiteit aan de draagconstructie te vermenigvuldigen met

dynamische vergrotingsfactoren Cfc. De vergrotingsfactoren berusten grotendeels op praktijkervaringen.

Bij trillingshinder zijn de maximale voortschrijdende effectieve waarde ($v_{eff,max}$) en de, per 30 sec, periodieke waarde (v_{per}) op vloeren van belang.

Bepaling $v_{eff,max}$

De maximale effectieve waarde van de trillingssnelheden op de vloeren wordt bepaald voor de toetsingsprocedure voor hinder voor personen in gebouwen. De effectieve waarde van de trillingssnelheid is dimensieloos. De waarde wordt bepaald door een omrekening van de maximale trillingssnelheid naar een gewogen momentane waarde voor de trillingssnelheid. Uit de gewogen momentane waarde kan de voortschrijdende effectieve waarde worden bepaald.

Binnen de gegeven beoordelingsperiode, dag, avond of nacht, is de maximale waarde $v_{eff,max}$ te bepalen als het maximum van de grootste effectieve waarden in de betreffende beoordelingsperiode. CUR-166 geeft als richtlijn voor het uit te voeren procedé, dat:

$$v_{eff,max} [-] = (0,42 \text{ à } 0,64) \times v_{piek} [mm/s]$$

Vergelijking 5.5

In geval van trillen van damwanden (continue trillingen) geldt een factor van 0,64. In geval van heien van palen (of passages van verkeer) geldt een factor van 0,42. Bij hinderbeleving is eerder het meest waarschijnlijke trillingsniveau (50% waarde) van toepassing dan de incidentele extreme waarde. Derhalve wordt de factor bij de verwachtingswaarden gebruikt.

Bepaling v_{per}

De effectieve waarde, v_{per} , van de maxima $v_{eff,max}$, wordt bepaald over het aantal tijds-intervallen van 30 seconden binnen een beoordelingsperiode, dag, avond of nacht [-]. Uit gegeven aantallen per tijdsinterval en de maxima $v_{eff,max}$, voor ieder tijdsinterval van 30 sec wordt v_{per} bepaald volgens:

$$v_{per} = \sqrt{\frac{1}{N}} \cdot \sum_{i=1}^n v_{eff,max,30,i}^2$$

Vergelijking 5.6

waarin:

N = aantal tijdsintervallen van 30 seconden, waarin gemeten is binnen een beoordelingsperiode [-]

C. TOELICHTING SBR – TOETSINGSKADER

Inleiding

Trillingswaarden worden getoetst aan de grenswaarden uit de SBR richtlijnen uit september 2006 / december 2017, uitgegeven door Stichting Bouw Research, Rotterdam. De Raad van State erkent de richtlijnen als uitgangspunt voor jurisprudentie.

In totaal zijn er 3 SBR - richtlijnen, namelijk:

- richtlijn A 2017: 'Schade aan gebouwen';
- richtlijn B: 'Hinder voor personen in gebouwen';
- richtlijn C: 'Storing aan apparatuur'.

Afhankelijk van de constructieve staat, funderingswijze en ouderdom van de bebouwing, karakteristieken van de trillingsgevoelige apparatuur en de afstand tot de werkzaamheden, bestaat in het algemeen de mogelijkheid dat de trillingen kunnen leiden tot:

- schade aan de draagconstructie van gebouwen;
- hinder voor personen in gebouwen;
- storing aan trillingsgevoelige apparatuur;
- zettingsschade door verdichting van losgepakt zand.

Grenswaarden conform SBR richtlijn A

De hoogte van de toelaatbare grenswaarden waarbij volgens de SBR richtlijn A de kans op schade aanvaardbaar klein is (minder dan 1%), is afhankelijk van:

- type trillingsbron;
- constructiewijze van de gebouwen;
- funderingswijze van de gebouwen.

Type trillingsbron

In SBR richtlijn A wordt onderscheid gemaakt in trillingsbronnen, die incidenteel voorkomende kortdurende trillingen veroorzaken, herhaald kortdurende trillingen veroorzaken of continue trillingen veroorzaken.

Het heien van palen wordt beschouwd als een trillingsbron die herhaald kortdurend trillingen veroorzaakt, waarbij resonanties en/of vermoeiingseffecten in onderdelen van een bouwwerk kunnen optreden. In dit geval dient een partiële veiligheidsfactor γ_t van 1,5 over de karakteristieke waarde V_{kar} van de grenswaarde te worden toegepast.

Het in en uittrillen van damwandplanken wordt beschouwd als een trillingsbron die continue trillingen veroorzaakt, waarbij resonanties en/of vermoeiingseffecten in onderdelen van een bouwwerk kunnen optreden. In dit geval dient een partiële veiligheidsfactor γ_t van 2,5 over de karakteristieke waarde V_{kar} van de grenswaarde te worden toegepast.

Constructiewijze van gebouwen (categorie indeling)

In SBR richtlijn A wordt onderscheid gemaakt in de constructiewijze en in de staat van het bouwwerk. De onderstaande indeling in categorieën van bouwwerken en van onderdelen daarvan wordt aangehouden:

- categorie 1: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout;
- categorie 2: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk of uit brosse steenachtige materialen;

Bouwkundige staat

Voor bouwwerken met een 'gevoelige' bouwkundige staat of een monumentale staat wordt een partiële factor van 1,7 op de grenswaarde toegepast.

Funderingswijze

Daarnaast wordt door SBR-richtlijn A onderscheid gemaakt in trillingsgevoelige en niet-trillingsgevoelige funderingen. Funderingen op staal worden over het algemeen als trillingsgevoelig aangemerkt waarbij rekening dient te worden gehouden met schade door (ongelijkmatige) zettingen.

Rekenwaarde van de grenswaarde

De rekenwaarde van de grenswaarde wordt bepaald volgens onderstaande relatie:

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

Vergelijking 5.7

waarin:

- V_r = rekenwaarde van de grenswaarde [mm/s];
 V_{kar} = karakteristieke waarde van de grenswaarde [mm/s];
 γ_t = partiële veiligheidsfactor [-].

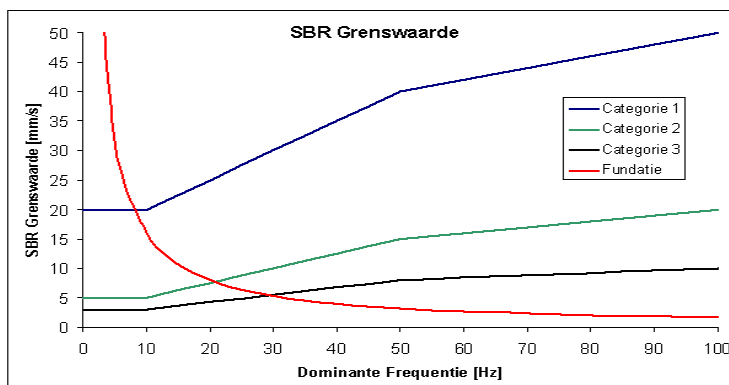
Rekenwaarde gemeten topsnelheid

SBR Richtlijn A maakt onderscheid tussen een indicatieve, een beperkte en een uitgebreide meting. Afhankelijk van de soort meting dient de meetwaarde vermenigvuldigd te worden met een partiële veiligheidsfactor volgens onderstaande tabel:

Tabel 5-1

Soort meting	Factor	Omschrijving meting
Indicatief	1,6	1 meetpunt (x, y, z) aan draagconstructie
Beperkt	1,4	2 meetpunten (x,y,z en x, y) aan draagconstructie en circa 10 m boven mp aan draagconstructie
Uitgebreid	1,0	Meerdere meetpunten in stijve punten van constructie

In onderstaande figuur is een voorbeeldgrafiek van de karakteristieke waarde van de grenswaarde op draagconstructie weergegeven. Indien de meetwaarden boven de getrokken lijnen liggen is er sprake van overschrijdingen.



Figuur 5-1

Streefwaarden conform SBR-richtlijn B

Conform SBR richtlijn B is de streefwaarde afhankelijk van:

- de functie van een ruimte in een gebouw;
- de omstandigheden van de trillingsbron;
- het tijdstip waarop de trilling voorkomt op de dag.

Functie van een ruimte

In SBR richtlijn B wordt onderscheid gemaakt in functies als gezondheidszorg, wonen, kantoor en onderwijs, bijeenkomstgebouwen (bv bioscoop) en kritische werkruimten (bv laboratoria).

Omstandigheid van de trillingsbron

In SBR richtlijn B wordt onderscheid gemaakt in trillingsbronnen, die continue voorkomen gedurende lange tijd (bv. machines), die herhaald voorkomen gedurende lange tijd (bv. rail- en wegverkeer), die continue of herhaald voorkomen gedurende een periode korter dan 3 maanden (bv bouw en sloopwerkzaamheden) en die incidenteel kortdurend voorkomen (bv. explosies).

Tijdstip van voorkomen op de dag

In SBR richtlijn B wordt onderscheid gemaakt in een dag- (van 07:00 uur tot 19:00 uur), avond- (van 19:00 uur tot 23:00 uur) en een nachtperiode (van 23:00 uur tot 07:00 uur).

Streefwaarden

De streefwaarden zijn erop gericht hinderbeleving te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Overschrijding van de streefwaarden dient aanleiding te zijn tot overleg tussen betrokken partijen. Er is geen sprake van harde grenzen.

De streefwaarden worden aangegeven door de waarden A1, A2 en A3 en zijn dimensieloos. Er wordt voldaan aan de streefwaarden indien de maximale trillingswaarde in de ruimte gemeten op de vloer kleiner is dan A1, of indien voldaan wordt aan de maximale trillingswaarde in de ruimte op de vloer kleiner is dan A2 waarbij de waarde van de trillingssterkte over de beoordelingsperiode kleiner is dan A3.

D. TRILLINGSTECHNISCHE VAKTERMEN

Trilling:	een periodieke beweging van een grootheid (verplaatsing, snelheid, versnelling) om een evenwichtsstand als functie van de tijd.
Trillingstijd:	de kleinste verschuiving in de tijd waarbij een periodieke tijdsfunctie met zichzelf samenvalt.
Topwaarde	de in absolute zin grootste afwijking van de momentane waarde van een grootheid ten opzichte van de gemiddelde waarde.
Frequentie	de reciproque van de trillingstijd.
Dominante frequentie:	de overheersende frequentie in dat deel van het signaal waar de topwaarde optreedt.
Verplaatsing:	een vectoriële grootheid die de verandering van een positie van een lichaam of van een punt aanduidt ten opzichte van een zekere referentie.
Snelheid:	een vectoriële grootheid die de tijdsafgeleide van de verplaatsing representeert.
Versnelling:	een vectoriële grootheid die de tijdsafgeleide van de snelheid representeert.
Trillingssterkte:	de sterkte van de trilling in relatie tot het van belang zijnde trillingseffect; in het geval van schade wordt onder de trillingssterkte verstaan de topwaarde van een trillingsgrootheid in combinatie met de dominante frequentie.
Draagconstructie:	het deel van een gebouw dat ervoor zorgt dat het gebouw als geheel en in het bijzonder de vloeren hun dragende functie kunnen blijven vervullen.
Grenswaarde schade:	waarde voor de toelaatbare trillingssterkte waarbij de kans op schade aan de draagconstructie (en overige onderdelen) van een bouwwerk aanvaardbaar klein is (minder dan 1%); schade kan de veiligheid en/ of levensduur van het bouwwerk beïnvloeden, of leiden tot een vermindering van de gebruikswaarde of de economische waarde van het bouwwerk.
Continue trilling:	een trilling die zodanige tijd continu aanwezig is, dat resonanties en/ of vermoeiingseffecten aan de draagconstructie van een bouwwerk kunnen optreden (bv. machines, intrillen damwanden).
Kortdurende trilling:	een door een stootvormige excitatie veroorzaakte trilling met een kortdurend, uitdempend karakter (bv. explosies, botsingen).
Herhaald kortdurende trilling:	een kortdurende trilling die meermalen voorkomt, steeds gescheiden door een tijdsinterval waarin een rustsituatie heerst, waarbij vermoeiingseffecten aan de draagconstructie van een bouwwerk kunnen optreden (bv. heilwerkzaamheden, weg- en railverkeer).
Indicatieve meting:	meting waarbij slechts met één meetpunt ter plaatse van de begane grond trillingen worden gemeten (conform § 8.4.2.1 SBR-richtlijn A).
Beperkte meting:	meting waarbij met tenminste één meetpunt op de begane grond en met tenminste één meetpunt op de hoogste verdieping van het gebouw trillingen worden gemeten (conform § 8.4.2.2 SBR-richtlijn A).
Uitgebreide meting:	meting waarbij met een groot aantal meetpunten wordt gemeten, dit in aanvulling op de meetpunten volgens de beperkte meting (conform § 8.4.2.3 SBR-richtlijn A).
Beoordelingsperiode:	een tijdsinterval waarin een dag wordt verdeeld voor de toetsing van de trillingsterkte aan de streefwaarden in: dagperiode: van 7:00 tot 19:00; avondperiode: van 19:00 tot 23:00; nachtperiode: van 23:00 tot 7:00.
Effectieve trillingssnelheid:	voortschrijdende effectieve waarde van de gewogen momentane trillingsgrootheid.
Maximale effectieve trillingssnelheid:	grootste optredende waarde van de voortschrijdende effectieve waarde.
Trillingssterkte over beoordelingsperiode:	het kwadratisch gemiddelde van de grootste effectieve waarde per interval van 30 seconden in de desbetreffende beoordelingsperiode.

TRILLINGSRISICOANALYSE

VERVANGEN STUW JUNNE TE JUNNE

Streefwaarde hinder:	waarde voor de trillingssterkte waarbij verwacht wordt dat er nog net geen hinder voor personen optreedt; onder hinder wordt verstaan de verstoring en/ of belemmering van (fysieke) activiteiten en/ of processen die rust en/ of concentratie behoeven.
Streefwaarde A1:	onderste streefwaarde voor de maximale trillingssterkte van de voortschrijdende effectieve waarde .
Streefwaarde A2:	bovenste streefwaarde voor de maximale trillingssterkte van de voortschrijdende effectieve waarde.
Streefwaarde A3:	streefwaarde voor de trillingssterkte over de beoordelingsperiode dag, avond en nacht.