



NOTITIE

PROJECT	Vervangen brug Nieuwedieptil en kademuur Nieuwe Diep te Appingedam
PROJECTNUMMER	WIL023265
ONDERWERP	Trillingspredictie
DOCUMENTNUMMER	WIL023265-DO-NTI-0004
OPDRACHTGEVER	Gemeente Eemsdelta
AUTEUR	H.P. Wink MSc
DATUM	5 april 2024
VERSIE	1.0

COLOFON

RAPPORTHISTORIE

0.1	27-03-2024	Basisdocument, interne controle.
1.0	05-04-2023	Opmerkingen interne controle verwerkt, document definitief.

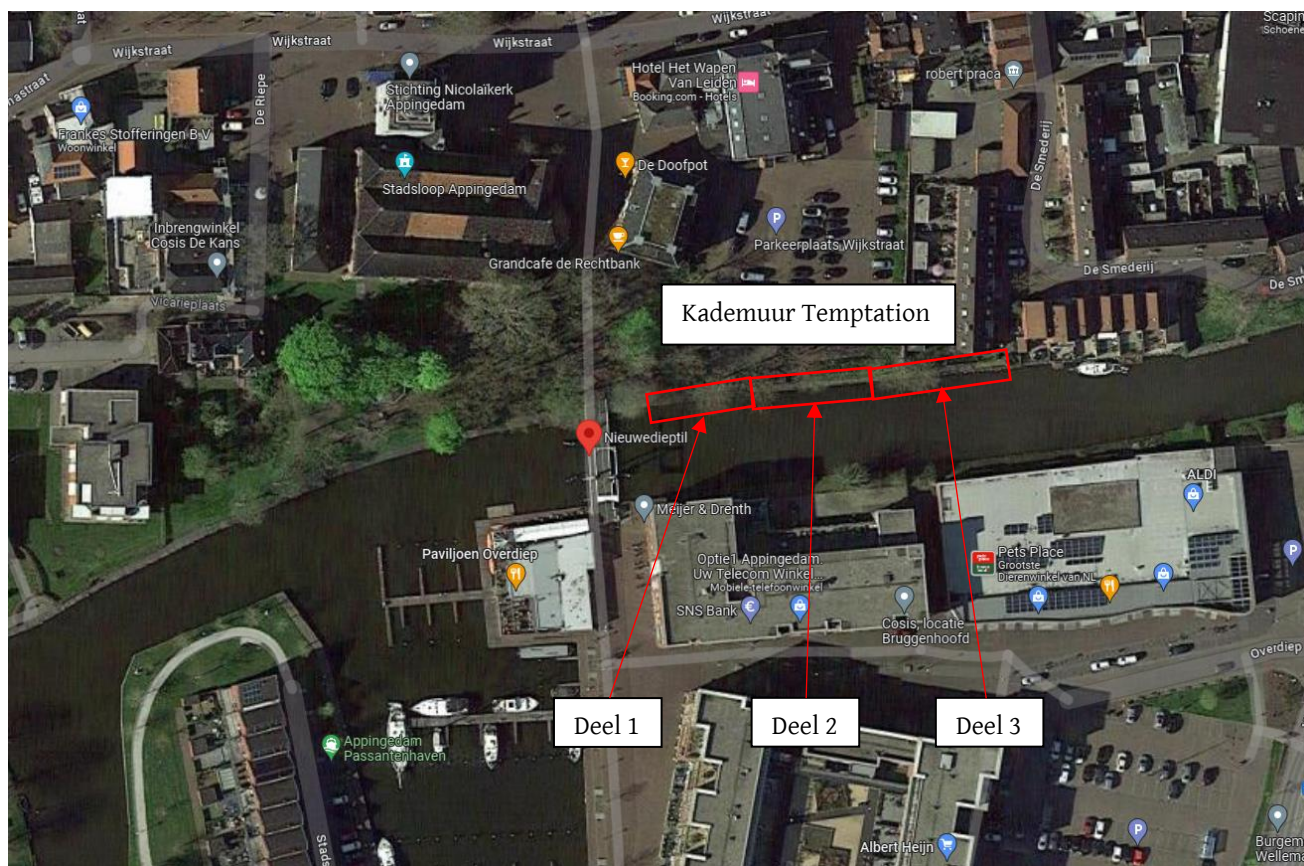
1 INLEIDING

1.1 PROJECTBESCHRIJVING

De gemeente Eemsdelta heeft besloten dat de houten brug Nieuwedieptil en de kademuur langs het Nieuwe Diep te Appingedam te vervangen.

De houten brug heeft einde levensduur bereikt en om een constructieve veilige situatie te krijgen, wordt de brug vervangen. De brug wordt vervangen door een nieuwe (stalen) brug met behoud van het historische uiterlijk.

De kademuur Temptation langs het Nieuwe Diep is in de huidige situatie afgezet voor publiek vanwege verzakkingen en het waarborgen van de veiligheid. De kademuur wordt vervangen door een nieuwe kademuur.



Figuur 1.1-1: Projectlocatie

Deze notitie bevat de trillingspredictie voor het aanbrengen van de kademuur Temptation van bovengenoemd project.

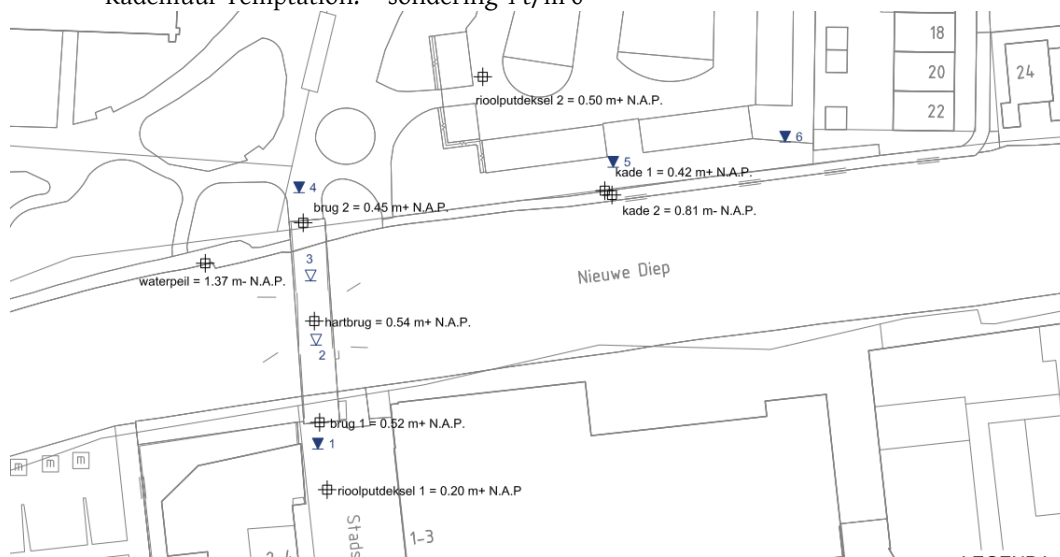
1.2 BASISINFORMATIE

DO-tekeningen kademuur Temptation, WSP:

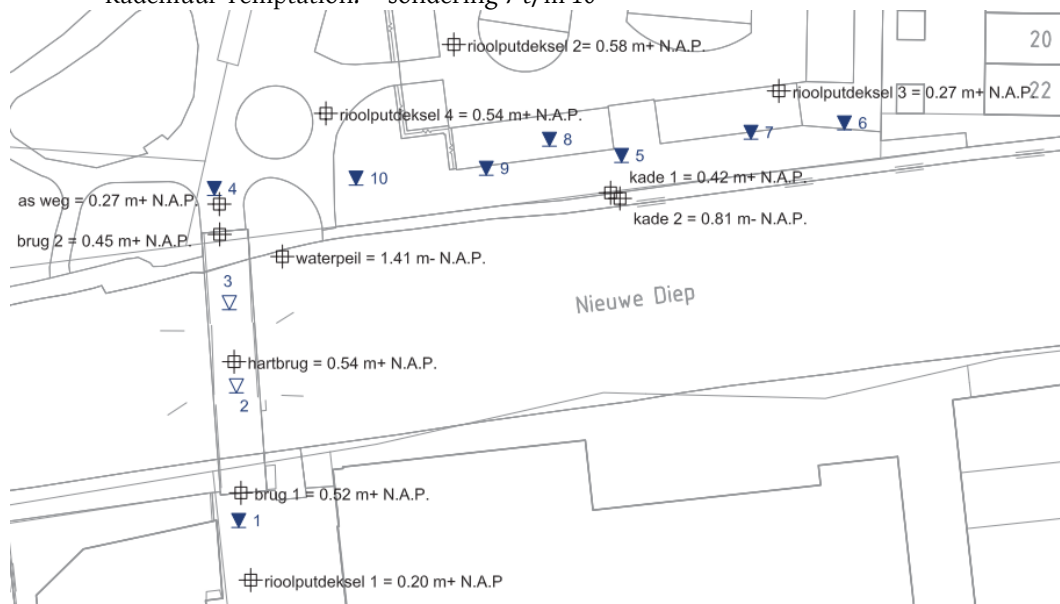
- [1.1] – Vervangen kademuur Temptation te Appingedam, Nieuwe situatie, Bovenaanzicht en doorsneden, tek.nr. WIL023265-DO-TEK-201, versie 1.0, d.d. 05-04-2024.
- [1.2] – Vervangen kademuur Temptation te Appingedam, Nieuwe situatie, Overzicht funderingsconstructies en details, tek.nr. WIL023265-DO-TEK-202, versie 1.0, d.d. 05-04-2024.

Grondonderzoek, Koops grondmechanica (zie Bijlage 1):

- [4.1] – Vervangen brug Nieuwedieptil en kademuur Nieuwe Diep te Appingedam, projectnr. 7035, d.d. 11-09-2023, versie 1, definitief.
 - Brug Nieuwedieptil: sondering 1 en 4 (sondering 2 en 3 in het water zijn niet uitgevoerd)
 - Kademuur Temptation: sondering 4 t/m 6



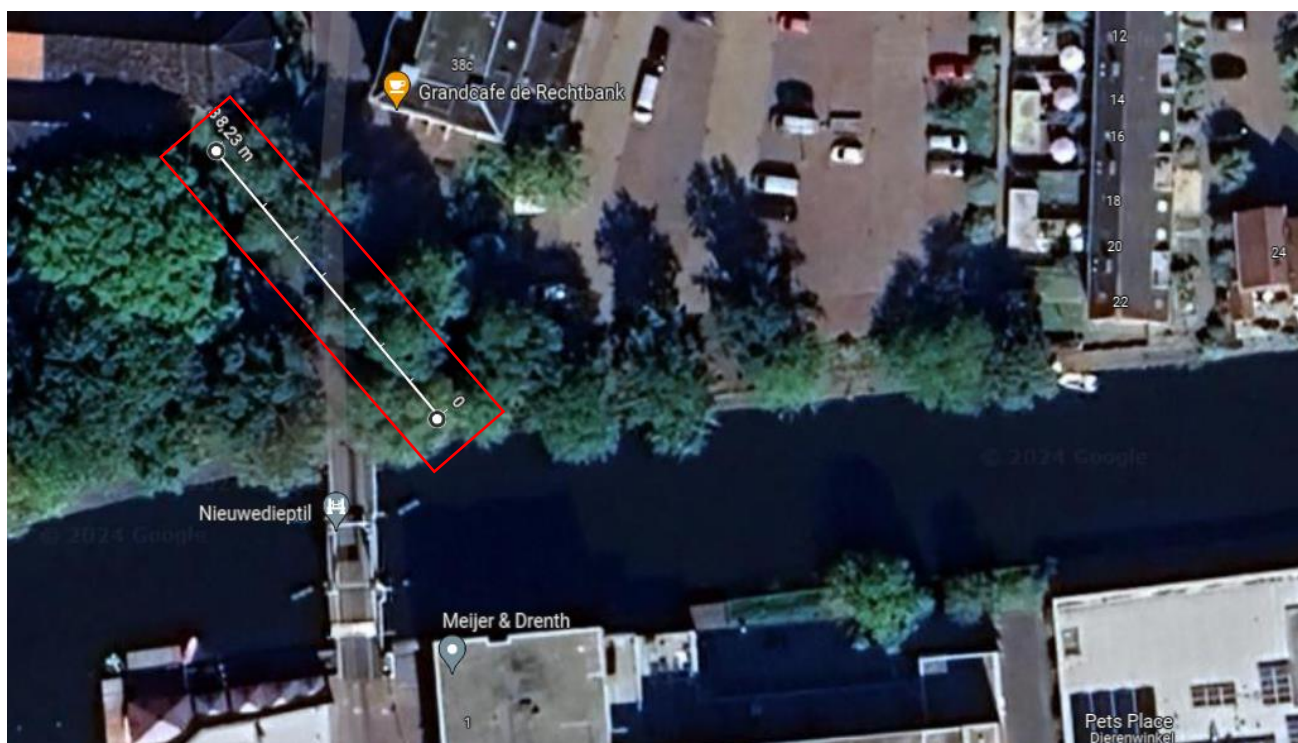
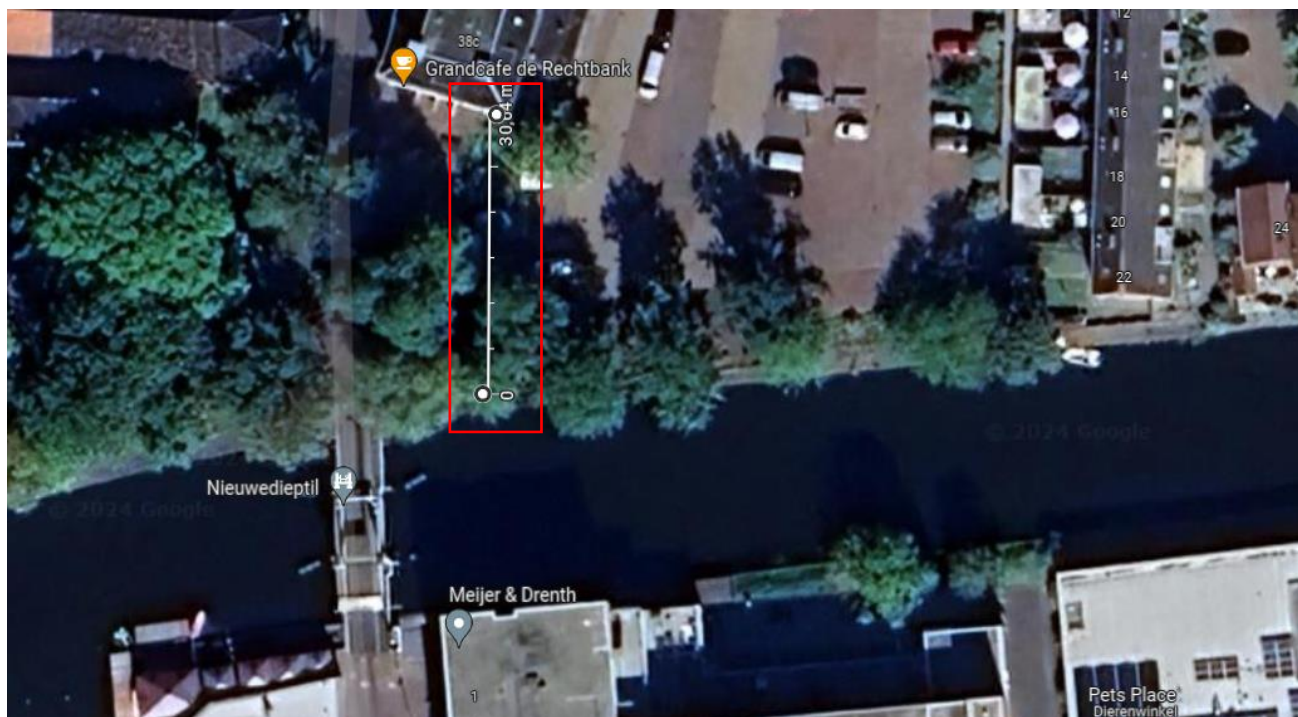
- [4.2] – Vervangen brug Nieuwedieptil en kademuur Nieuwe Diep te Appingedam, projectnr. 7035.1, d.d. 23-02-2024, versie 1, definitief.
 - Kademuur Temptation: sondering 7 t/m 10



2.2 BEBOUWING

2.2.1 KADE TEMPTATION DEEL 1/2

Voor deel 1/2 geldt dat de dichtstbijzijnde bebouwing van Wijkstraat 38C (voormalige rechtbank) zich bevindt op ca. 31m en de bebouwing op Wijkstraat 30 (Nicolaikerk) op ca. 38m.





Daarnaast bevindt zich bebouwing aan de overzijde van het Nieuw Diep (Stadshaven 1) op ca. 22m.



2.2.2 KADE TEMPTATION DEEL 3

Voor deel 3 geldt dat de dichtstbijzijnde bebouwing van De Smederij 22 zich bevindt op ca. 4-5m.



3 SCHADERISICO'S DOOR BOUWTRILLINGEN

De mogelijke schaderisico's door bouwtrillingen dienen, in het kader van een risicoanalyse, middels de huidig ter beschikking staande voorspellingsmethodieken voor iedere projectspecifieke situatie rekenkundig te worden onderzocht. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de grondgesteldheid, het type trillingsbron en het incasseringsvermogen van de belendende constructie (constructietype, conditie en funderingswijze).

Door de vervanging van de kademuur Temptation kunnen trillingen aan de belendende panden onder andere worden veroorzaakt door:

- **Inwendig heien van palen.** Door het heien van palen wordt de omliggende grond in beweging/trilling gebracht. Hierdoor treedt mogelijke schade op aan belendingen. De trillingsintensiteiten ter plaatse van de belendende gebouwen door intrillen van de damwanden kunnen rekenkundig worden gekwantificeerd met behulp van de methodiek zoals opgenomen in de CUR 166.
- **Intrillen damwanden.** Door het intrillen van de damwanden wordt de omliggende grond in beweging/trilling gebracht. Hierdoor treedt mogelijke schade op aan belendingen. De trillingsintensiteiten ter plaatse van de belendende gebouwen door intrillen van de damwanden kunnen rekenkundig worden gekwantificeerd met behulp van de methodiek zoals opgenomen in de CUR 166.

De rekenkundig gekwantificeerde trillingsintensiteiten worden getoetst conform de in Nederland vigerende richtlijn SBR-A (voor schade aan gebouwen).

De trillingsinvloed van sloopwerkzaamheden en bouwverkeer is niet beschouwd omdat beiden in sterke mate van de zorgvuldigheid in de uitvoering van de aannemer afhangen en niet binnen de opdracht vallen.

4 TRILLINGSPREDICTIE INWENDIG HEIEN STALEN BUISPALEN

NB: Opgemerkt wordt dat de geprognosticeerde trillingsniveaus slechts een globale indruk geven van de te verwachten trillingsniveaus en overschrijdingskansen. Slechts middels de uitvoering van trillingsmetingen ter plaatse is het mogelijk de exact optredende trillingen vast te stellen. In de trillingsprognose is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van obstakels. Wanneer op een obstakel wordt gestuit nemen de trillingen in het algemeen sterk toe.

4.1 MOGELIJKE TRILLINGSBRONNEN

Tijdens het inwendig heien van de gesloten stalen buispalen en het intrillen van de damwanden ontstaan trillingen in de ondergrond. Deze trillingen kunnen resulteren in het ontstaan van schade aan gebouwen en/of objecten die zich in de nabijheid van het heiwerk bevinden.

4.2 AANPAK TRILLINGSPREDICTIE

Onderstaande stappen worden doorlopen voor de bepaling van de mogelijke schade ten gevolge van trillingen.

- 1 Bepaling van het benodigde inhei-energieniveau voor de palen afhankelijk van de paaldoorsnede, de paallengte en de grondgesteldheid. En bepaling van de benodigde slagkracht voor het intrillen van de damwanden afhankelijk van de damwanddoorsnede, de damwandlengte en de grondgesteldheid.
- 2 Bepaling te verwachten trillingsintensiteiten ter plaatse van de belendende gebouwen door het heien van de funderingspalen of trillen van damwanden.
- 3 Toetsing van de trillingsintensiteiten conform de in Nederland vigerende richtlijn SBR-A (voor schade aan gebouwen).

4.3 KADE TEMPTATION DEEL 1/2: TRILLINGSBEÏNVLOEDING DOOR HET HEIEN VAN STALEN BUISPALEN

4.3.1 SBR-A GRENSWAARDEN

Volgens de bestaande praktijkervaring bestaat er een aanvaardbaar kleine kans (minder dan 1%), dat schade aan bouwwerken en funderingen zal optreden, indien de rekenwaarden uit voorspellingen of metingen de rekenwaarde van de grenswaarden conform de SBR-A richtlijn niet overschrijden.

Ter bepaling van de rekenwaarden van de SBR-grenswaarden zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- De draagconstructie van het begane grondniveau wordt beschouwd;
- Gebouw wordt als categorie 2 geclassificeerd (onderdelen van de draagconstructie die bestaan uit metselwerk);
- Bouwkundige staat:
 - Wijkstraat 38 en 30 wordt als gevoelig geclassificeerd (bouwkundige staat gevoelig);
 - Stadshaven 1 wordt als normaal geclassificeerd (bouwkundige staat niet gevoelig)
- Monumentale status:
 - Wijkstraat 38 en 30 hebben een monumentale status;
 - Stadshaven 1 heeft geen monumentale status
- Type trillingsbron als herhaald kortdurend
 - Voor heien wordt een frequentie van ca. 10-15Hz aangehouden.

4.3.2 BRONSTERKTE

De trillingspredictie is opgesteld conform de empirische methode als omschreven in CUR 166 (6e druk) met aanscherping van de veiligheidsfactoren volgens het artikel 'Aanscherping trillingsprognoses met nauwkeuriger bepaalde veiligheidsfactoren' in Geotechniek 2014. Middels dit empirische model is aan de hand van een karakteristiek bodemprofiel de trillingssnelheid op een willekeurige afstand tot de trillingsbron berekend. Tevens is de trillingssterkte berekend die met een bepaalde kans niet wordt overschreden. Dit empirische model gaat uit van eenvoudige modellen voor emissie en transmissie van trillingen. De parameters zijn vastgesteld aan de hand van meetresultaten en literatuurgegevens. Met behulp van deze methode is het mogelijk de trillingsintensiteit te berekenen op een bepaalde afstand tot het punt waar de stalen buispaal heidend op diepte wordt gebracht.

Van de beschikbare standaardprofielen komt profiel (6) Rotterdam het best overeen met het bodemprofiel ter plaatse van de projectlocatie. De referentie trillingssnelheden van dit profiel worden daarom aangehouden in de trillingspredictie.

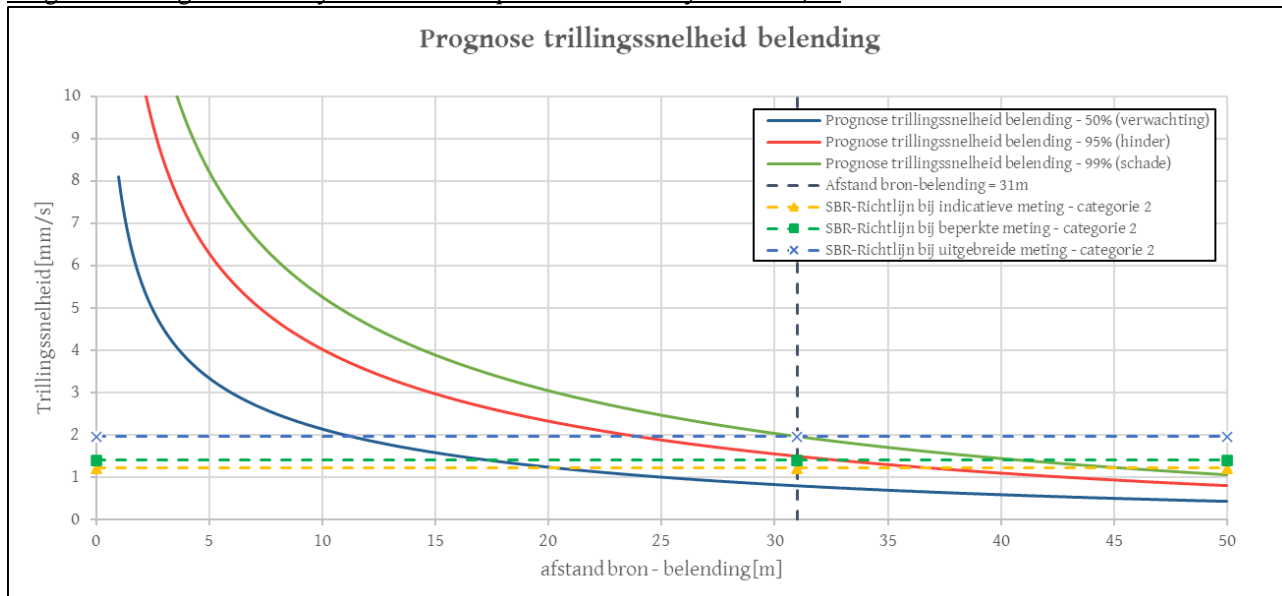
De verwachtingswaarde van de trillingsniveaus is onder andere afhankelijk van het inheij-energieniveau die benodigd is om de heipalen op diepte te krijgen. Voor het heidend op diepte brengen van de inwendig geheide palen is naar verwachting een energieniveau benodigd van zo'n 38kNm (valgewicht 2,5 ton met valhoogte 1,5m). Hierbij wordt uitgegaan van een inwendig valblok met een efficiëntie van 90%.

Tijdens het heien van de palen wordt uitgegaan van een dempingsconstante van ca. $\alpha = 0,02\text{m}^{-1}$. De trillingsoverdracht naar de bebouwing wordt aangehouden als 70%.

4.3.3 TOETSING

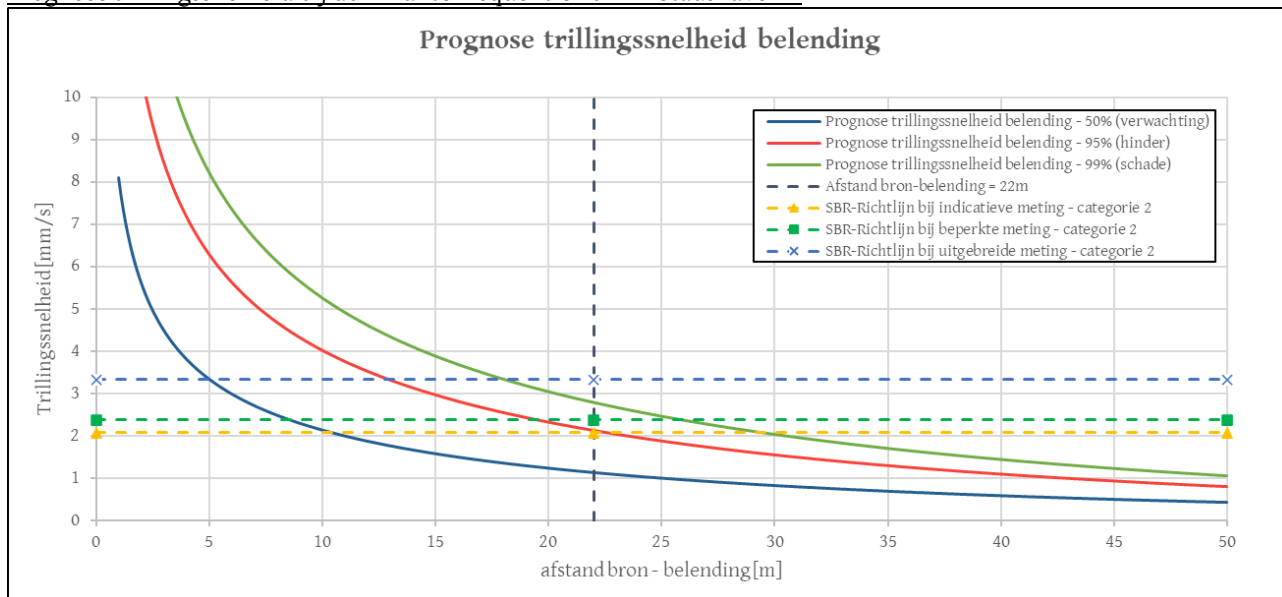
In onderstaande figuren is de prognose van de trillingssnelheid afgebeeld (zie Bijlage 1.1 en 1.2).

Prognose trillingssnelheid bij dominante frequentie 10Hz – Wijkstraat 38/30



Voor de beoordeling van de schade aan gebouwen wordt een betrouwbaarheidsniveau van 99% (overschrijding 1%) aangehouden. In geval er een uitgebreide meting wordt uitgevoerd, dan voldoen de trillingssnelheden aan de SBR-richtlijn A met een betrouwbaarheid van 99% voor de Wijkstraat 38 (voormalige rechtbank) en Wijkstraat 30 (Nicolaikerk).

Prognose trillingssnelheid bij dominante frequentie 10Hz – Stadshaven 1



Voor de beoordeling van de schade aan gebouwen wordt een betrouwbaarheidsniveau van 99% (overschrijding 1%) aangehouden. In geval er een uitgebreide meting wordt uitgevoerd, dan voldoen de trillingssnelheden aan de SBR-richtlijn A met een betrouwbaarheid van 99% voor de Stadshaven 1.

4.4 KADE TEMPTATION DEEL 1/2: TRILLINGSBEÏNVLOEDING DOOR HET TRILLEN VAN DAMWANDEN

NB: Opgemerkt wordt dat de geprognosticeerde trillingsniveaus slechts een globale indruk geven van de te verwachten trillingsniveaus en overschrijdingskansen. Slechts middels de uitvoering van trillingsmetingen ter plaatse is het mogelijk de exact optredende trillingen vast te stellen. In de trillingsprognose is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van obstakels. Wanneer op een obstakel wordt gestuit nemen de trillingen in het algemeen sterk toe.

4.4.1 SBR-A GRENSWAARDEN

Volgens de bestaande praktijkervaring bestaat er een aanvaardbaar kleine kans (minder dan 1%), dat schade aan bouwwerken en funderingen zal optreden, indien de rekenwaarden uit voorspellingen of metingen de rekenwaarde van de grenswaarden conform de SBR-A richtlijn niet overschrijden.

Ter bepaling van de rekenwaarden van de SBR-grenswaarden zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- De draagconstructie van het begane grondniveau wordt beschouwd;
- Gebouw wordt als categorie 2 geclassificeerd (onderdelen van de draagconstructie die bestaan uit metselwerk);
- Bouwkundige staat:
 - Wijkstraat 38 en 30 wordt als gevoelig geclassificeerd (bouwkundige staat gevoelig);
 - Stadshaven 1 wordt als normaal geclassificeerd (bouwkundige staat niet gevoelig)
- Monumentale status:
 - Wijkstraat 38 en 30 hebben een monumentale status;
 - Stadshaven 1 heeft geen monumentale status
- Type trillingsbron als continu
 - Voor hoogfrequent trillen wordt een frequentie van 40Hz aangehouden.

4.4.2 BRONSTERKTE

De trillingspredictie is opgesteld conform de empirische methode als omschreven in CUR 166 (6e druk) met aanscherping van de veiligheidsfactoren volgens het artikel 'Aanscherping trillingsprognoses met nauwkeuriger bepaalde veiligheidsfactoren' in Geotechniek 2014. Middels dit empirische model is aan de hand van een karakteristiek bodemprofiel de trillingssnelheid op een willekeurige afstand tot de trillingsbron berekend. Tevens is de trillingssterkte berekend die met een bepaalde kans niet wordt overschreden. Dit empirische model gaat uit van eenvoudige modellen voor emissie en transmissie van trillingen. De parameters zijn vastgesteld aan de hand van meetresultaten en literatuurgegevens. Met behulp van deze methode is het mogelijk de trillingsintensiteit te berekenen op een bepaalde afstand tot het punt waar de stalen damwand trillend op diepte wordt gebracht.

Van de beschikbare standaardprofielen komt profiel (3) Groningen het best overeen met het bodemprofiel ter plaatse van de projectlocatie. De referentie trillingssnelheden van dit profiel worden daarom aangehouden in de trillingspredictie.

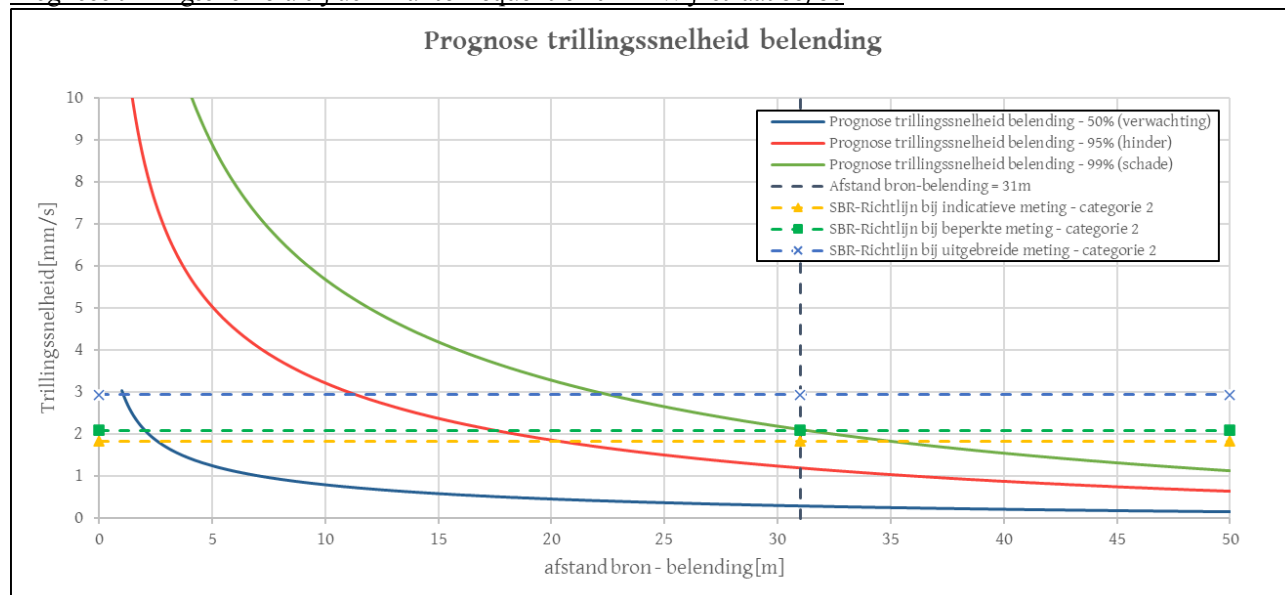
De verwachtingswaarde van de trillingsniveaus is onder andere afhankelijk van de slagkracht die benodigd is om de damwanden op diepte te krijgen. Voor het trillend op diepte brengen van de damwand is naar verwachting een slagkracht benodigd van zo'n 400kN.

Tijdens het trillen van de damwand wordt uitgegaan van een dempingsconstante van ca. $\alpha = 0,02\text{m}^{-1}$. De trillingsoverdracht naar de bebouwing wordt aangehouden als 70%.

4.4.3 TOETSING

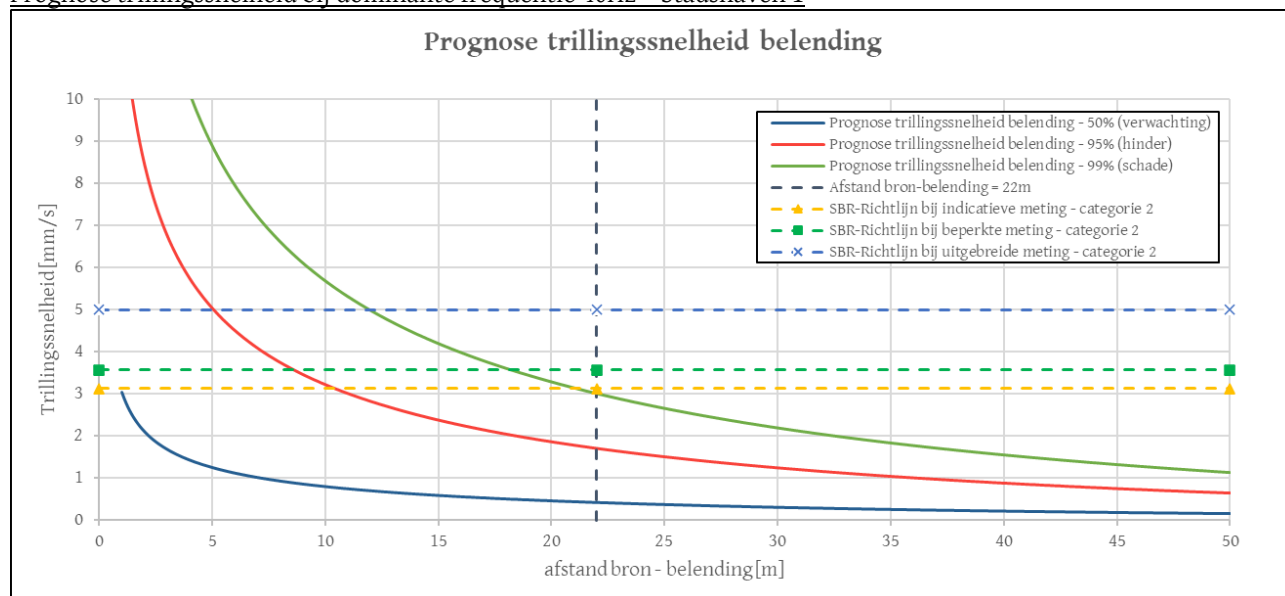
In onderstaande figuren is de prognose van de trillingssnelheid afgebeeld (zie Bijlage 2.1 en 2.2).

Prognose trillingssnelheid bij dominante frequentie 40Hz – Wijkstraat 38/30



Voor de beoordeling van de schade aan gebouwen wordt een betrouwbaarheidsniveau van 99% (overschrijding 1%) aangehouden. In geval er een uitgebreide meting wordt uitgevoerd, dan voldoen de trillingssnelheden aan de SBR-richtlijn A met een betrouwbaarheid van 99% voor de Wijkstraat 38 (voormalige rechtbank) en Wijkstraat 30 (Nicolaikerk).

Prognose trillingssnelheid bij dominante frequentie 40Hz – Stadshaven 1



Voor de beoordeling van de schade aan gebouwen wordt een betrouwbaarheidsniveau van 99% (overschrijding 1%) aangehouden. In geval er een indicatieve meting wordt uitgevoerd, dan voldoen de trillingssnelheden aan de SBR-richtlijn A met een betrouwbaarheid van 99% voor de Stadshaven 1.

4.5 KADE TEMPTATION DEEL 3: TRILLINGSBEÏNVLOEDING DOOR HET TRILLEN VAN DAMWANDEN

NB: Opgemerkt wordt dat de geprognoseerde trillingsniveaus slechts een globale indruk geven van de te verwachten trillingsniveaus en overschrijdingskansen. Slechts middels de uitvoering van trillingsmetingen ter plaatse is het mogelijk de exact optredende trillingen vast te stellen. In de trillingsprognose is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van obstakels. Wanneer op een obstakel wordt gestuit nemen de trillingen in het algemeen sterk toe.

4.5.1 SBR-A GRENSWAARDEN

Volgens de bestaande praktijkervaring bestaat er een aanvaardbaar kleine kans (minder dan 1%), dat schade aan bouwwerken en funderingen zal optreden, indien de rekenwaarden uit voorspellingen of metingen de rekenwaarde van de grenswaarden conform de SBR-A richtlijn niet overschrijden.

Ter bepaling van de rekenwaarden van de SBR-grenswaarden zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- De draagconstructie van het begane grondniveau wordt beschouwd;
- Gebouw wordt als categorie 2 geclassificeerd (onderdelen van de draagconstructie die bestaan uit metselwerk);
- De Smederij 22 wordt als normaal geclassificeerd (bouwkundige staat niet gevoelig);
- De Smederij 22 heeft geen monumentale status;
- Type trillingsbron als continu;
 - Voor hoogfrequent trillen wordt een frequentie van 40Hz aangehouden.

4.5.2 BRONSTERKTE

De trillingspredictie is opgesteld conform de empirische methode als omschreven in CUR 166 (6e druk) met aanscherping van de veiligheidsfactoren volgens het artikel 'Aanscherping trillingsprognoses met nauwkeuriger bepaalde veiligheidsfactoren' in Geotechniek 2014. Middels dit empirische model is aan de hand van een karakteristiek bodemprofiel de trillingssnelheid op een willekeurige afstand tot de trillingsbron berekend. Tevens is de trillingssterkte berekend die met een bepaalde kans niet wordt overschreden. Dit empirische model gaat uit van eenvoudige modellen voor emissie en transmissie van trillingen. De parameters zijn vastgesteld aan de hand van meetresultaten en literatuurgegevens. Met behulp van deze methode is het mogelijk de trillingsintensiteit te berekenen op een bepaalde afstand tot het punt waar de stalen damwand trillend op diepte wordt gebracht.

Van de standaardprofielen komt profiel (3) Groningen het best overeen met het bodemprofiel ter plaatse van de projectlocatie. De referentie trillingssnelheden van dit profiel worden daarom aangehouden in de trillingspredictie.

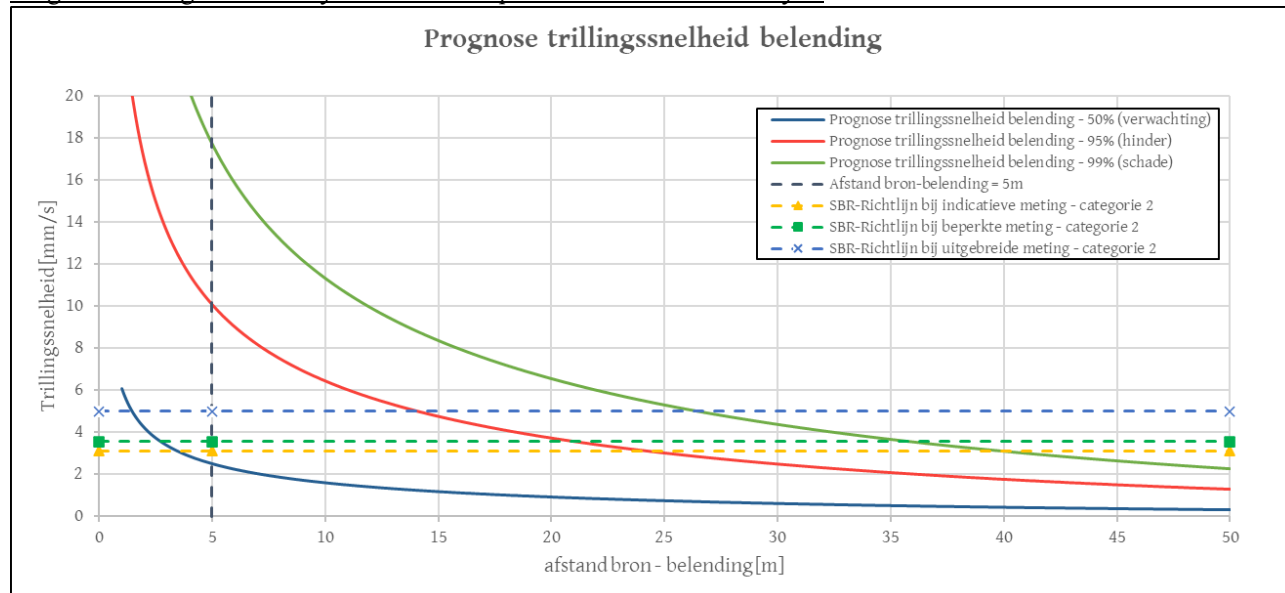
De verwachtingswaarde van de trillingsniveaus is onder andere afhankelijk van de slagkracht die benodigd is om de damwanden op diepte te krijgen. Voor het trillend op diepte brengen van de damwand is naar verwachting een slagkracht benodigd van zo'n 1300kN.

Tijdens het trillen van de damwand wordt uitgegaan van een dempingsconstante van ca. $\alpha = 0,02\text{m}^{-1}$. De trillingsoverdracht naar de bebouwing wordt aangehouden als 70%.

4.5.3 TOETSING

In onderstaande figuren is de prognose van de trillingssnelheid afgebeeld (zie Bijlage 3.1).

Prognose trillingssnelheid bij dominante frequentie 40Hz – De Smederij 22



Voor de beoordeling van de schade aan gebouwen wordt een betrouwbaarheidsniveau van 99% (overschrijding 1%) aangehouden. In alle gevallen worden de trillingssnelheden volgens de SBR-Richtlijn A overschreden. De damwand dient daarom drukkend (trillingsvrij) te worden aangebracht.

5 CONCLUSIE

5.1 KADE TEMPTATION DEEL 1/2

Voor deel 1 en 2 gelden dat er zowel belendingen staan aan de Wijkstraat (de monumenten van de Nicolaikerk en de oude rechtbank) en aan de overkant van het Nieuwe Diep aan de Stadshaven.

Voor het inwendig heien van de gesloten stalen buispalen en het intrillen van de damwanden ten behoeve van deel 1 en 2 van het vervangen van de kademuur Temptation te Appingedam is een trillingspredictie opgesteld. De trillingspredictie is met het oog op de monumentale bebouwing van Wijkstraat 38 op ca. 31m van de kademuur en de bebouwing van Stadshaven 1 op ca. 22m van de kademuur.

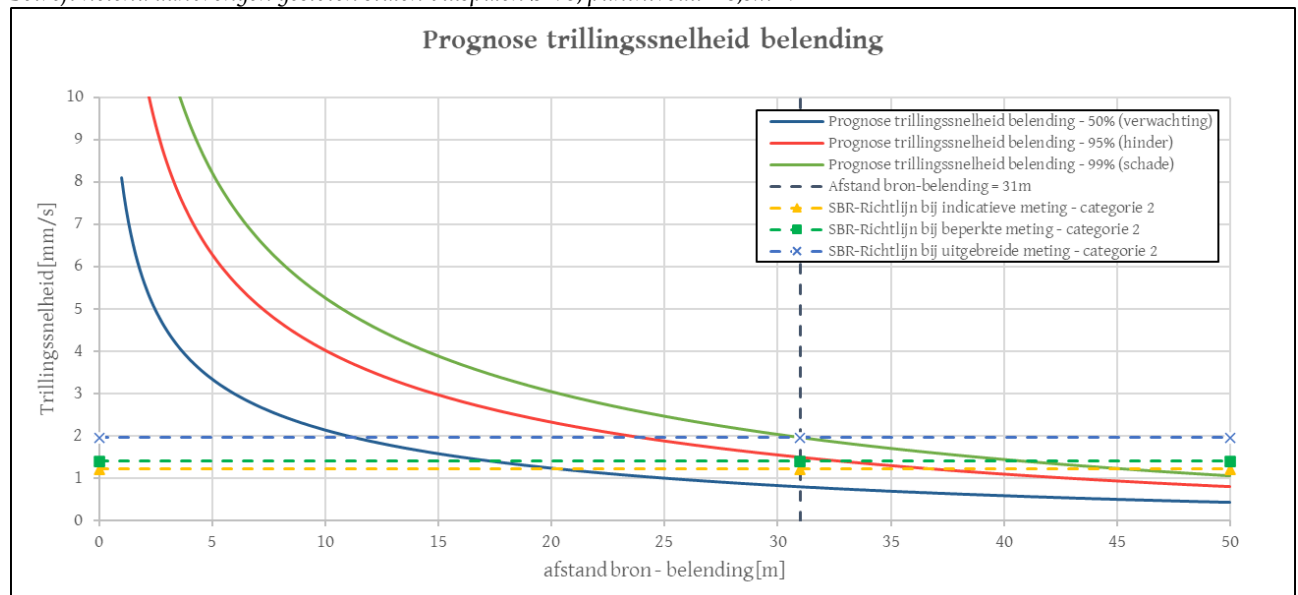
Voor de beoordeling van de schade aan gebouwen wordt een betrouwbaarheidsniveau van 99% (overschrijding 1%) aangehouden. In geval er een uitgebreide meting voor alle bebouwing wordt uitgevoerd, dan voldoen de trillingssnelheden aan de SBR-richtlijn A met een betrouwbaarheid van 99%. Het risico van overschrijding wordt aanvaardbaar klein geacht met een overschrijdingskans van kleiner dan 1%. De risico's voor de omgeving zijn minimaal en kans op stagnatie van voortgang van het werk zijn beperkt.

Voor deel 1 en 2 geldt dat de gesloten stalen buispalen daarom heidend kunnen worden aangebracht (valgewicht 2,5 ton met valhoogte 1,5m), evenals de damwanden die trillend kunnen worden aangebracht (hoogfrequent 40Hz met variabel moment, slagkracht 400kN).

Geadviseerd wordt te allen tijde de werkzaamheden te monitoren (trillings- en deformatiemetingen). Opgemerkt wordt dat het risico ten aanzien 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%.

Maatgevende prognose trillingssnelheid bij dominante frequentie 10Hz – Wijkstraat 38/30

Betreft heidend aanbrengen gesloten stalen buispalen Ø273, puntniveau -15,5m NAP



Opgemerkt wordt dat de geprognosticeerde trillingsniveaus slechts een globale indruk geven van de te verwachten trillingsniveaus en overschrijdingskansen. Slechts middels de uitvoering van trillingsmetingen ter plaatse is het mogelijk de exact optredende trillingen vast te stellen. In de trillingsprognose is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van obstakels. Wanneer op een obstakel wordt gestuit nemen de trillingen in het algemeen sterk toe.

Bij wijzigingen binnen het project of in de in dit advies gehanteerde uitgangspunten verzoeken wij u contact met ons bureau op te nemen, zodat wij ons rapport hierop kunnen toetsen en/of aanpassen.

5.2 KADE TEMPATION DEEL 3 EN KADE DE SMEDERIJ

Voor deel 3 gelden dat er belendingen staan aan De Smederij.

Voor het intrillen van de damwanden ten behoeve van deel 3 van het vervangen van de kademuur Temptation te Appingedam is een trillingspredictie opgesteld. De trillingspredictie is met het oog op de bebouwing van De Smederij 22 op ca. 5m van de kademuur.

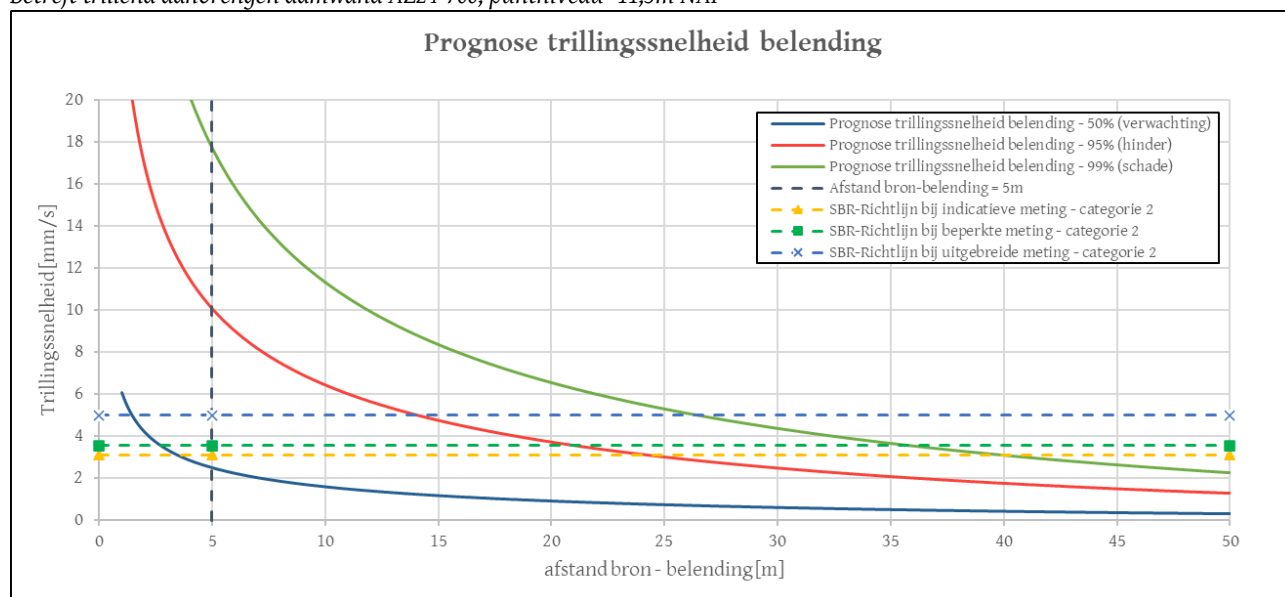
Voor de beoordeling van de schade aan gebouwen wordt een betrouwbaarheidsniveau van 99% (overschrijding 1%) aangehouden. De trillingssnelheden voldoen niet aan de trillingssnelheden van de SBR-richtlijn A met een betrouwbaarheid van 99%. Het risico van overschrijding wordt te groot geacht met een overschrijdingskans van meer dan 5%.

Voor deel 3 geldt dat de damwanden niet trillend kunnen worden aangebracht. Deze dienen daarom drukkend (trillingsvrij) aangebracht te worden.

Geadviseerd wordt te allen tijde de werkzaamheden te monitoren (trillings- en deformatiemetingen).

Maatgevende prognose trillingssnelheid bij dominante frequentie 40Hz – De Smederij 22

Betreft trillend aanbrengen damwand AZ24-700, puntniveau -11,5m NAP



Opgemerkt wordt dat de geprognosticeerde trillingsniveaus slechts een globale indruk geven van de te verwachten trillingsniveaus en overschrijdingskansen. Slechts middels de uitvoering van trillingsmetingen ter plaatse is het mogelijk de exact optredende trillingen vast te stellen. In de trillingsprognose is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van obstakels. Wanneer op een obstakel wordt gestuit nemen de trillingen in het algemeen sterk toe.

Bij wijzigingen binnen het project of in de in dit advies gehanteerde uitgangspunten verzoeken wij u contact met ons bureau op te nemen, zodat wij ons rapport hierop kunnen toetsen en/of aanpassen.

5.3 TRILLINGSREDUCERENDE MAATREGELEN

Uit ervaring blijkt dat trillingsreducerende maatregelen bij het medium en de ontvanger geen praktische oplossingen biedt. Voor **heien** zijn bij de bron de volgende reducerende maatregelen toe te passen:

- Instelling energieniveau (valhoogte) heiblok en keuze heiblok: door tijdelijk met een verlaagde valhoogte te heien wordt verwacht dat de opgewekte trillingsintensiteiten lager zullen zijn. Er moet wel voor gewaakt worden dat het blok niet gaat “stuiteren”. In sommige gevallen kan gekozen worden voor een zwaarder blok, waarbij geheid wordt met een geringe valhoogte.

Uit ervaring blijkt dat trillingsreducerende maatregelen bij het medium en de ontvanger geen praktische oplossingen biedt. Voor **trillen** zijn bij de bron de volgende reducerende maatregelen toe te passen:

- Hanteren van een hoogfrequent trilblok. De eigenfrequenties van de meeste grondsoorten en gebouwen liggen in de range van 5 tot 20 Hz. Dit houdt in dat naarmate de frequentie van de opgelegde beweging door het trilblok verder boven deze range komt te liggen, de opgewekte trillingen sterker zullen worden gedempt. Doorgaans geven hoogfrequente (40 Hz) trilblokken minder trillingen in de omgeving dan laagfrequente (< 25 Hz) trilblokken. Bij hoogfrequente trillingen is de materiaaldemping als functie van de absolute afstand groter. Bij hoogfrequent trillen moet er overigens rekening mee worden gehouden dat de sloten erg warm kunnen worden en kunnen gaan vloeien. In de predicties is reeds rekening gehouden met hoogfrequent trillen;
- Een alternatieve wijze van inbrengen. Door de damwandplanken statisch te drukken worden de planken nagenoeg trillingsarm/vrij ingebracht (Silent Piler / Giken methode)
- Een alternatief planktype: hoe hoger de $E \cdot A$ van de plank, des te kleiner de energie-uitstraling naar de omgeving;
- Een hoge slotweerstand kan trillingsniveau's enkele malen doen toenemen. Met behulp van speciale smeermiddelen aangebracht in de sloten, kan ervoor worden gezorgd dat de wrijvingsweerstand in de sloten afneemt, en kan worden voorkomen dat gronddeeltjes in de sloten terecht komen;
- Bij gebruik van nieuwe onbeschadigde rechte planken is de slotweerstand in het algemeen lager. Bij sluitplanken treedt dubbele slotweerstand op die door wringing nog aanzienlijk kan worden vergroot;
- Hanteren van een variabel excentrisch moment. Dan wordt de “kritieke” range van 5 tot 20 Hz, tijdens het opstarten en stoppen van het trilblok, vloeiend doorlopen.



BIJLAGE 1.1: TRILLINGSPREDICTIE DEEL 1/2 – HEIEN BUISPAAL – WIJKSTRAAT

	Trillingspredictie conform SBRCURnet 1445/2175 + CUR166		Versie: 0.3 (22-3-2024)	
	Project	Vervangen kademuur Temptation te Appingedam		Projectnr. WIL023695
	Onderdeel	Deel 1/2 - heien gesloten buispaal - Wijkstraat 38		Datum 22-3-2024
	Doc.nr.	WIL023265-DO-NTI-0004		Auteur HWK
	Bijlage	1.1		

Grenswaarde trillingssnelheid conform SBR Trillingsrichtlijn A

Aspect bouwwerk	draagconstructie begane grond		art. 10.1
Dominante frequentie	f	10 Hz	art. 10.1
Constructie categorie	categorie 2		art. 10.2.1
Bouwkundige staat	gevoelig		art. 10.2.2
Monumentale status	monument		art. 10.2.3
Type trilingsbron	herhaald kortdurend		art. 10.2.4

Karakteristieke waarde grenswaarde trillingssnelheid	V_{kar}	5,00 mm/s		
Partiële veiligheidsfactor type trilling	γ_t	1,5 -		
Partiële veiligheidsfactor bouwkundige staat en monument	γ_s	1,7 -		
Rekenw. grenswaarde trillingssnelheid bij indicatieve meting	$V_{r,indicatief}$	1,23 mm/s	$V_{r,indicatief} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	γ_v 1,6
Rekenw. grenswaarde trillingssnelheid bij beperkte meting	$V_{r,beperkt}$	1,40 mm/s	$V_{r,beperkt} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	1,4
Rekenw. grenswaarde trillingssnelheid bij uitgebreide meting	$V_{r,uitgebreid}$	1,96 mm/s	$V_{r,uitgebreid} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	1,0

Bronsterkte

	heien	Rotterdam (6)
Bodemprofiel		
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,50\%}$	0,026 mm/s
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,95\%}$	0,049 mm/s
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,99\%}$	0,064 mm/s
Inhei-energieniveau	E	37,5 kNm
Stootrendement	Ψ	90 %
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,50\%}$	4,78 mm/s
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,95\%}$	9,00 mm/s
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,99\%}$	11,76 mm/s

$v_0 = u_0 \times v(\Psi \times E)$

Trillingsoverdracht in de grond

Referentieafstand op 5m	x_0	5,0 m
Karakteristieke dempingsconstante t.g.v. materiaaldemping	α	0,02 m ⁻¹

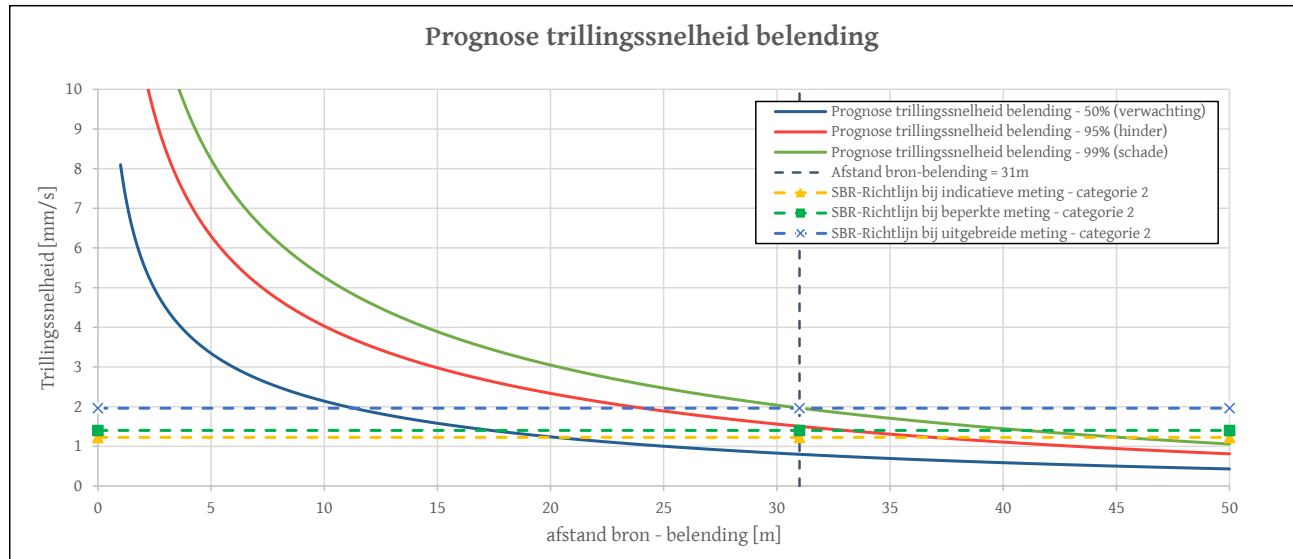
Trillingsoverdracht naar de bebouwing

Overdrachtsdemping	70 %
--------------------	------

Prognose trillingssnelheid belending - 95% betrouwbaarheid t.b.v. hinder

Afstand tot belending	x	31,0 m
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{50\%}(x)$	0,80 mm/s
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{95\%}(x)$	1,50 mm/s
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{99\%}(x)$	1,97 mm/s

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





BIJLAGE 1.2: TRILLINGSPREDICTIE DEEL 1/2 – HEIEN BUISPAAL – STADSHAVEN

	Trillingspredictie conform SBRCURnet 1445/2175 + CUR166		Versie: 0.3 (22-3-2024)	
	Project	Vervangen kademuur Temptation te Appingedam		Projectnr. WIL023695
	Onderdeel	Deel 1/2 - heien gesloten buispaal - Stadshaven 1		Datum 22-3-2024
	Doc.nr.	WIL023265-DO-NTI-0004		Auteur HWK
	Bijlage	1.2		

Grenswaarde trillingssnelheid conform SBR Trillingsrichtlijn A

Aspect bouwwerk	draagconstructie begane grond		art. 10.1
Dominante frequentie	f	10 Hz	art. 10.1
Constructie categorie	categorie 2		art. 10.2.1
Bouwkundige staat	normaal		art. 10.2.2
Monumentale status	geen		art. 10.2.3
Type trilingsbron	herhaald kortdurend		art. 10.2.4

Karakteristieke waarde grenswaarde trillingssnelheid	V_{kar}	5,00 mm/s		
Partiële veiligheidsfactor type trilling	γ_t	1,5 -		
Partiële veiligheidsfactor bouwkundige staat en monument	γ_s	1,0 -		
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij indicatieve meting	$V_{r,indicatief}$	2,08 mm/s	$V_{r,indicatief} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	γ_v 1,6
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij beperkte meting	$V_{r,beperkt}$	2,38 mm/s	$V_{r,beperkt} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	1,4
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij uitgebreide meting	$V_{r,uitgebreid}$	3,33 mm/s	$V_{r,uitgebreid} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	1,0

Bronsterkte

	heien	Rotterdam (6)
Bodemprofiel		
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,50\%}$	0,026 mm/s
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,95\%}$	0,049 mm/s
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,99\%}$	0,064 mm/s
Inhei-energieniveau	E	37,5 kNm
Stootrendement	Ψ	90 %
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,50\%}$	4,78 mm/s
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,95\%}$	9,00 mm/s
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,99\%}$	11,76 mm/s

$v_0 = u_0 \times \sqrt{\Psi \times E}$

Trillingsoverdracht in de grond

Referentieafstand op 5m	x_0	5,0 m
Karakteristieke dempingsconstante t.g.v. materiaaldemping	α	0,02 m ⁻¹

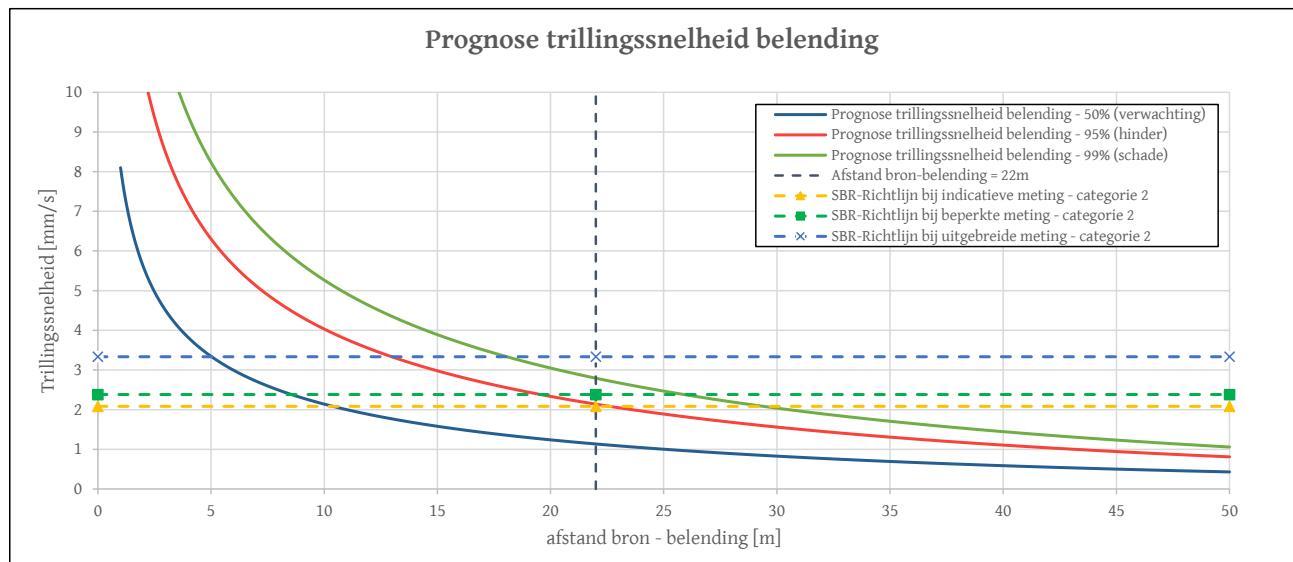
Trillingsoverdracht naar de bebouwing

Overdrachtsdemping	70 %
--------------------	------

Prognose trillingssnelheid belending - 95% betrouwbaarheid t.b.v. hinder

Afstand tot belending	x	22,0 m
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{50\%}(x)$	1,13 mm/s
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{95\%}(x)$	2,14 mm/s
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{99\%}(x)$	2,79 mm/s

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





BIJLAGE 2.1: TRILLINGSPREDICTIE DEEL 1/2 - TRILLEN DAMWAND - WIJKSTRAAT

	Trillingspredictie conform SBRCURnet 1445/2175 + CUR166		Versie: 0.3 (22-3-2024)	
	Project	Vervangen kademuur Temptation te Appingedam		Projectnr. WIL023695
	Onderdeel	Deel 1/2 - trillen damwand - Wijkstraat 38		Datum 22-3-2024
	Doc.nr.	WIL023265-DO-NTI-0004		Auteur HWK
	Bijlage	2.1		

Grenswaarde trillingssnelheid conform SBR Trillingsrichtlijn A

Aspect bouwwerk	draagconstructie begane grond		art. 10.1
Dominante frequentie	f	40	Hz art. 10.1
Constructie categorie	categorie 2		art. 10.2.1
Bouwkundige staat	gevoelig		art. 10.2.2
Monumentale status	monument		art. 10.2.3
Type trilingsbron	continu		art. 10.2.4

Karakteristieke waarde grenswaarde trillingssnelheid	V_{kar}	12,50	mm/s	
Partiële veiligheidsfactor type trilling	γ_t	2,5	-	
Partiële veiligheidsfactor bouwkundige staat en monument	γ_s	1,7	-	
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij indicatieve meting	$V_{r,indicatief}$	1,84	mm/s	$V_{r,indicatief} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij beperkte meting	$V_{r,beperkt}$	2,10	mm/s	$V_{r,beperkt} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij uitgebreide meting	$V_{r,uitgebreid}$	2,94	mm/s	$V_{r,uitgebreid} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$
				γ_v
				1,6
				1,4
				1,0

Bronsterkte

trillen

Bodemprofiel		Groningen (3)	
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,50\%}$	1,70	mm/s
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,95\%}$	6,80	mm/s
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,99\%}$	12,00	mm/s
Correctiefactor invloed slagkracht	$C_{vel,50\%}$	0,002	mm/s/kN
Correctiefactor invloed slagkracht	$C_{vel,95\%}$	0,008	mm/s/kN
Correctiefactor invloed slagkracht	$C_{vel,99\%}$	0,014	mm/s/kN
Slagkracht trilblok	F	400	kN
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,50\%}$	1,80	mm/s
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,95\%}$	7,20	mm/s
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,99\%}$	12,70	mm/s
			$v_0 = u_0$ voor $F < 350kN$ en
			$v_0 = u_0 + c_{vel} (F-350)$ voor $F > 350kN$

Trillingsoverdracht in de grond

Referentieafstand op 5m	x_0	5,0	m
Karakteristieke dempingsconstante t.g.v. materiaaldemping	α	0,02	m ⁻¹

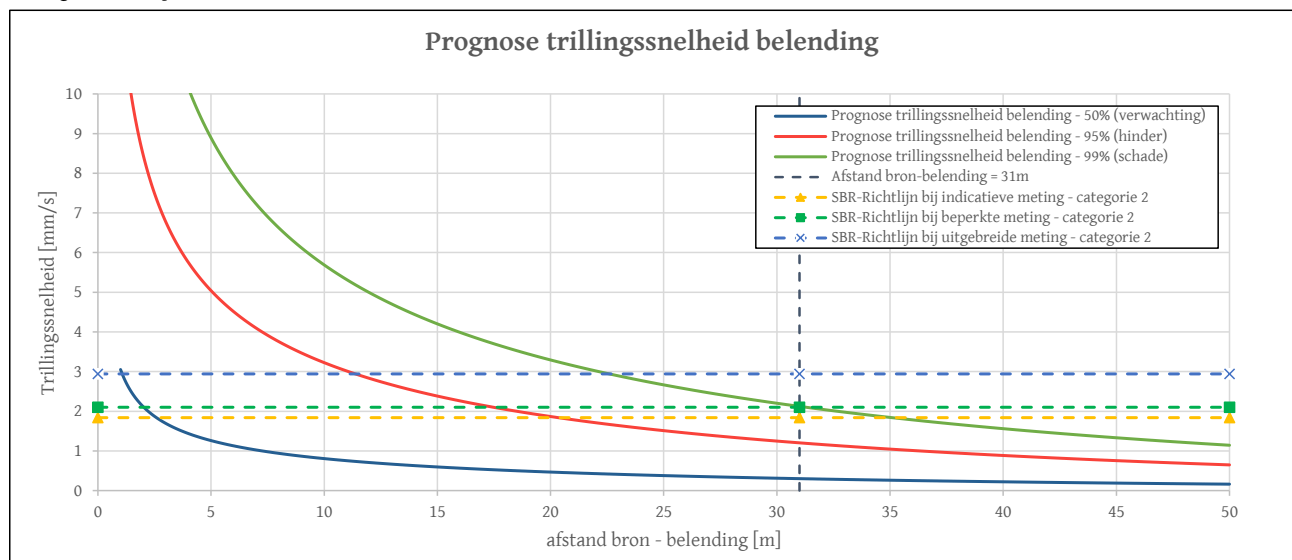
Trillingsoverdracht naar de bebouwing

Overdrachtsdemping	70	%
--------------------	----	---

Prognose trillingssnelheid belending - 95% betrouwbaarheid t.b.v. hinder

Afstand tot belending	x	31,0	m
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{50\%}(x)$	0,30	mm/s
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{95\%}(x)$	1,20	mm/s
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{99\%}(x)$	2,12	mm/s

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





BIJLAGE 2.2: TRILLINGSPREDICTIE DEEL 1/2 – TRILLEN DAMWAND – STADSHAVEN

	Trillingspredictie conform SBRCURnet 1445/2175 + CUR166		Versie: 0.3 (22-3-2024)	
	Project	Vervangen kademuur Temptation te Appingedam	Projectnr.	WIL023695
	Onderdeel	Deel 1/2 - trillen damwand - Stadshaven 1	Datum	22-3-2024
	Doc.nr.	WIL023265-DO-NTI-0004	Auteur	HWK
	Bijlage	2.2		

Grenswaarde trillingssnelheid conform SBR Trillingsrichtlijn A

Aspect bouwwerk	draagconstructie begane grond	art. 10.1
Dominante frequentie	f	40 Hz art. 10.1
Constructie categorie	categorie 2	art. 10.2.1
Bouwkundige staat	normaal	art. 10.2.2
Monumentale status	geen	art. 10.2.3
Type trilingsbron	continu	art. 10.2.4

Karakteristieke waarde grenswaarde trillingssnelheid	V_{kar}	12,50 mm/s		
Partiële veiligheidsfactor type trilling	γ_t	2,5 -		
Partiële veiligheidsfactor bouwkundige staat en monument	γ_s	1,0 -		
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij indicatieve meting	$V_{r,indicatief}$	3,13 mm/s	$V_{r,indicatief} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	γ_v 1,6
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij beperkte meting	$V_{r,beperkt}$	3,57 mm/s	$V_{r,beperkt} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	1,4
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij uitgebreide meting	$V_{r,uitgebreid}$	5,00 mm/s	$V_{r,uitgebreid} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	1,0

Bronsterkte

trillen

Bodemprofiel		Groningen (3)
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,50\%}$	1,70 mm/s
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,95\%}$	6,80 mm/s
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,99\%}$	12,00 mm/s
Correctiefactor invloed slagkracht	$C_{vel,50\%}$	0,002 mm/s/kN
Correctiefactor invloed slagkracht	$C_{vel,95\%}$	0,008 mm/s/kN
Correctiefactor invloed slagkracht	$C_{vel,99\%}$	0,014 mm/s/kN
Slagkracht trilblok	F	400 kN
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,50\%}$	1,80 mm/s
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,95\%}$	7,20 mm/s
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,99\%}$	12,70 mm/s

$v_0 = u_0$ voor $F < 350 \text{ kN}$ en
 $v_0 = u_0 + c_{vel} (F - 350)$ voor $F > 350 \text{ kN}$

Trillingsoverdracht in de grond

Referentieafstand op 5m	x_0	5,0 m
Karakteristieke dempingsconstante t.g.v. materiaaldemping	α	0,02 m^{-1}

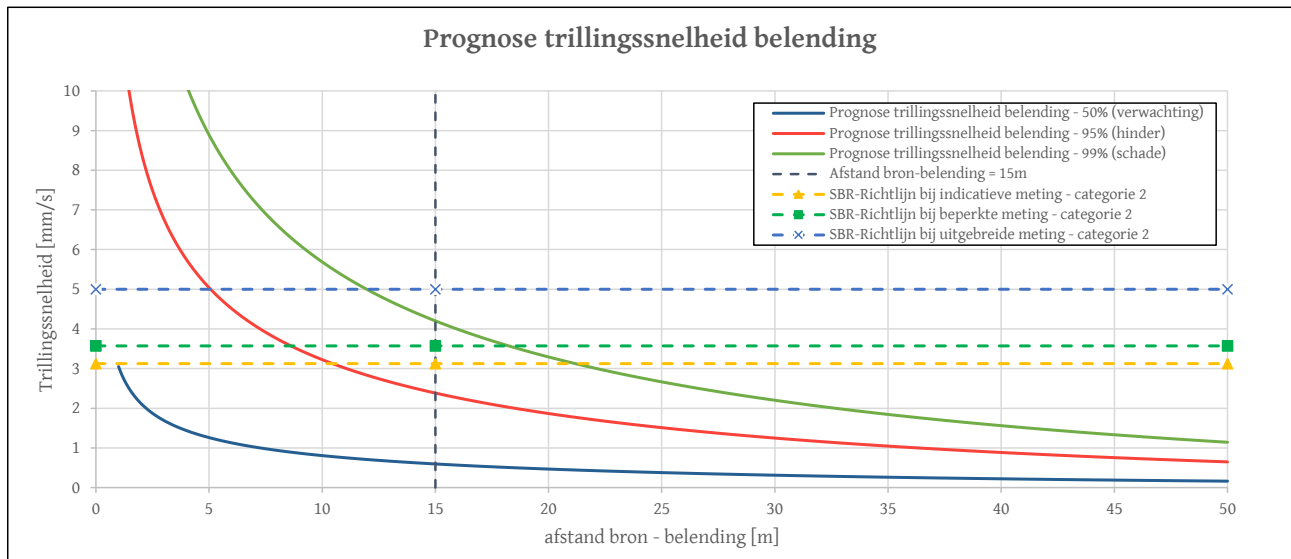
Trillingsoverdracht naar de bebouwing

Overdrachtsdemping	70 %
--------------------	------

Prognose trillingssnelheid belending - 95% betrouwbaarheid t.b.v. hinder

Afstand tot belending	x	15,0 m
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{50\%}(x)$	0,60 mm/s
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{95\%}(x)$	2,38 mm/s
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{99\%}(x)$	4,20 mm/s

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





BIJLAGE 3.1: TRILLINGSPREDICTIE DEEL 3 – TRILLEN DAMWAND – DE SMEDERIJ

	Trillingspredictie conform SBRCURnet 1445/2175 + CUR166		Versie: 0.3 (22-3-2024)	
	Project	Vervangen kademuur Temptation te Appingedam		Projectnr. WIL023695
	Onderdeel	Deel 3 - trillen damwand - De Smederij		Datum 22-3-2024
	Doc.nr.	WIL023265-DO-NTI-0004		Auteur HWK
	Bijlage	3.1		

Grenswaarde trillingssnelheid conform SBR Trillingsrichtlijn A

Aspect bouwwerk	draagconstructie begane grond		art. 10.1
Dominante frequentie	f	40	Hz art. 10.1
Constructie categorie	categorie 2		art. 10.2.1
Bouwkundige staat	normaal		art. 10.2.2
Monumentale status	geen		art. 10.2.3
Type trilingsbron	continu		art. 10.2.4

Karakteristieke waarde grenswaarde trillingssnelheid	V_{kar}	12,50 mm/s		
Partiële veiligheidsfactor type trilling	γ_t	2,5 -		
Partiële veiligheidsfactor bouwkundige staat en monument	γ_s	1,0 -		
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij indicatieve meting	$V_{r,indicatief}$	3,13 mm/s	$V_{r,indicatief} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	γ_v 1,6
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij beperkte meting	$V_{r,beperkt}$	3,57 mm/s	$V_{r,beperkt} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	1,4
Rekenw. grenswaarde trillingsnelheid bij uitgebreide meting	$V_{r,uitgebreid}$	5,00 mm/s	$V_{r,uitgebreid} = V_{kar} / (\gamma_t \times \gamma_s \times \gamma_v)$	1,0

Bronsterkte

trillen

Bodemprofiel		Groningen (3)	
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,50\%}$	1,70	mm/s
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,95\%}$	6,80	mm/s
Referentie trillingssnelheid op 5m afstand	$u_{0,99\%}$	12,00	mm/s
Correctiefactor invloed slagkracht	$C_{vel,50\%}$	0,002	mm/s/kN
Correctiefactor invloed slagkracht	$C_{vel,95\%}$	0,008	mm/s/kN
Correctiefactor invloed slagkracht	$C_{vel,99\%}$	0,014	mm/s/kN
Slagkracht trilblok	F	1300	kN
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,50\%}$	3,60	mm/s
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,95\%}$	14,40	mm/s
Bronsterkte trillingsintensiteit op 5m afstand	$v_{0,99\%}$	25,30	mm/s

$v_0 = u_0$ voor $F < 350kN$ en
 $v_0 = u_0 + c_{vel} (F-350)$ voor $F > 350kN$

Trillingsoverdracht in de grond

Referentieafstand op 5m	x_0	5,0 m
Karakteristieke dempingsconstante t.g.v. materiaaldemping	α	0,02 m^{-1}

Trillingsoverdracht naar de bebouwing

Overdrachtsdemping	70 %
--------------------	------

Prognose trillingssnelheid belending - 95% betrouwbaarheid t.b.v. hinder

Afstand tot belending	x	5,0 m
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{50\%}(x)$	2,52 mm/s
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{95\%}(x)$	10,08 mm/s
Trillingssnelheid op afstand x van de bron	$v_{99\%}(x)$	17,71 mm/s

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

