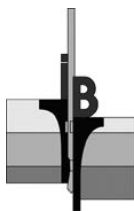




**INPIJN-BLOKPOEL**  
**ingenieursbureau**

**Geotechniek - Milieutechniek**



Project : Gedeeltelijke sloop RWZI aan het Zandpad te Utrecht

Betreft : Trillingspredictie tijden sloop

Projectnummer : 02P010433

Documentnummer : 02P010433-adv-03

Datum : 11-12-2019

Opgesteld door : Ing. H.M. Geurtjens

Gezien : Ing. G. van de Brink

Status : Versie 02

Opdrachtgever : Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

Verzonden aan : HDSR Dhr. Lucacevich (Mike.Lucacevich@hdsr.nl) ; RHDHV Dhr. S Theunissen ([sim.theunissen@rhdhv.com](mailto:sim.theunissen@rhdhv.com))

## INLEIDING

In ons rapport 02P0010433-adv-01 versie 02 d.d. 10 augustus 2018 is ondermeer een trillingspredictie opgesteld voor het eventueel inbrengen van damwanden. De verwachting werd uitgesproken dat de trillingen ten gevolge van het slopen van bestaande objecten in dezelfde orde van grootte zouden liggen dan de trillingen ten gevolge van het inbrengen van damwanden. Aangegeven werd dat nauwkeurigere voorspellingen mogelijk zouden kunnen zijn indien gegevens beschikbaar zouden zijn van eerdere sloopwerkzaamheden / trillingsmetingen. Inmiddels is hieromtrent enige informatie beschikbaar gekomen. De gegevens hiervan worden in voorliggende notitie verwerkt.

## VERSTREKTE INFORMATIE

De navolgende informatie is aanvullend verstrekt.

- [1] Bouwrisik : Rapportage "Trillingsmeting Vibra 1206, Utrecht, Omgevingsmonitoring t.b.v. sloop oude RWZI, projectnummer BR195969, rapportnummer RT596903 d.d. 16 juli 2019.
- [2] Bouwrisik : Rapportage "Trillingsmeting Vibra 2112, Utrecht, Omgevingsmonitoring t.b.v. sloop oude RWZI, projectnummer BR195969, rapportnummer RT596901 d.d. 16 juli 2019.
- [3] RHDHV : Bijlage 1 met contourlijnen gesloopte bebouwing d.d. 11-09-2019

Verder is per mail aangegeven dat traditioneel is gesloopt met sloopkranen voorzien van sloopequipment (crusher) en dat regelmatig een sloophamer is toegepast t.b.v. de sloop van de vloeren. Ten gevolge van de sloop is mogelijk schade opgetreden aan pand Zandpad 3.

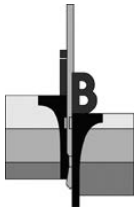
## AANVULLENDE GEGEVENS.

### Rapport [1]

Rapport [1] heeft betrekking op de metingen verricht aan Reactor 2 en Geur-2. De afstand van de sloopobjecten (binnen rode contourlijnen) tot Reactor 2 en Geur-2 bedraagt ca. 10 á 20 tot 30 m (zie onderstaand figuur).



Figuur 1 Locatie Geur-2 en Reactor-2



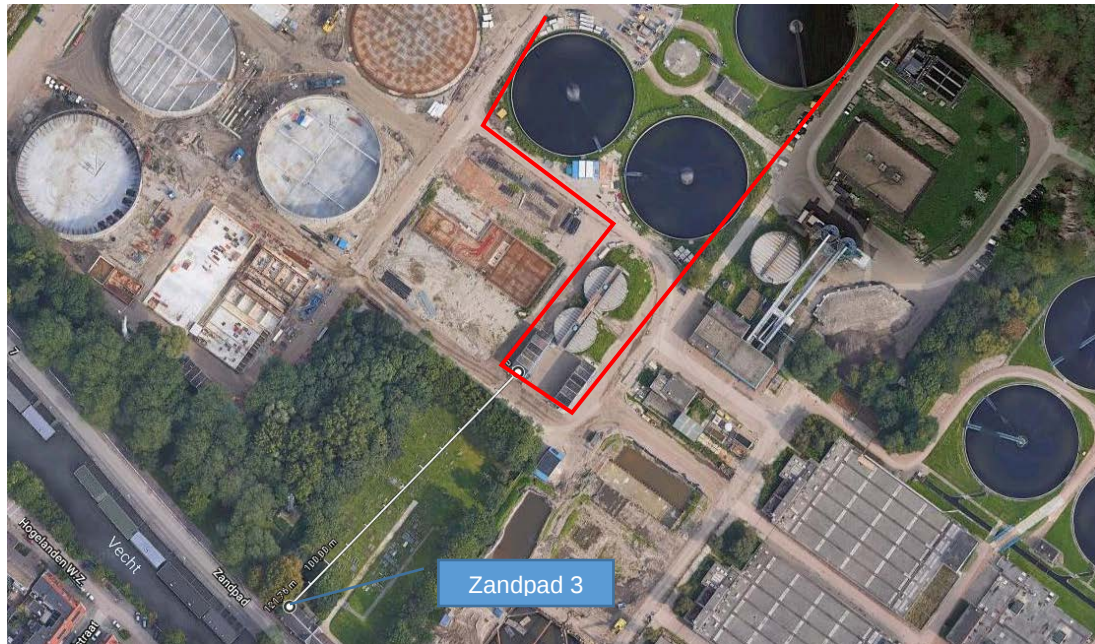
Projectnr. : 02P010433  
Document : 02P010433-adv-01  
Project : Gedeeltelijke sloop RWZI aan het Zandpad te Utrecht

Bij reactor-2 zijn tijdens de sloop trillingssnelheden gemeten tot ca. 2 mm/s (z-richting) met een sporadische uitschieter tot 5,0 mm/s. Bij geur-2 zijn overwegend trillingssnelheden gemeten tot 3,0 á 3,5 mm/s (z-richting) wederom met een enkele uitschieter.

De dominante frequentie van de trillingen ligt gemiddeld op 10 á 20 Hz tot maximaal 30 á 35 Hz.

#### Rapport [2]

Rapport [2] heeft betrekking op de metingen verricht aan Zandpad 3. De afstand van de sloopobjecten (binnen rode contourlijnen) tot Zandpad 3 bedraagt minimaal ca. 125 m (zie onderstaand figuur).



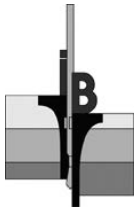
Figuur 2 Zandpad 3

Uit rapport [2] blijkt dat de trillingssnelheden gemiddeld rond 1,5 mm/s liggen en grotendeels onder een niveau van 2 mm/s liggen, met een enkele uitschieter tot ca. 3,5 mm/s. Deze trillingen liggen allen binnen een frequentiebereik tot ca. 18 Hz. De hogere trillingen in y-richting treden op bij een extreem lage frequentie van ca. 1 Hz.

Verder worden trillingen gemeten rond een frequentiebereik van 70 Hz. Wat hierbij opvalt is dat in de x-richting géén trillingen worden gemeten binnen dit frequentiebereik, in de y-richting tot een niveau van ca. 3 mm/s en in de z-richting tot 9,5 mm/s. Deze trillingen treden niet dagelijks op, terwijl wel op dat moment wel trillingen optreden binnen het frequentiebereik tot 18 Hz.

Trillingen met een frequentiebereik van 70 Hz, die niet in x-richting waarneembaar zijn en hoofzakelijk in z-richting, zijn afkomstig van een zeer specifieke trillingsbron, die met hoge waarschijnlijkheid niet aan de sloop kan worden gekoppeld. Ook opvallend is dat op momenten dat deze specifieke trillingsbron niet aanwezig is, de trillingssnelheden over het algemeen lager liggen dan 1 mm/s. Het lijkt erop dat deze bron ook effect heeft op het trillingsniveau in het bereik van 0 tot 18 Hz.

In de verdere beschouwing zijn trillingsniveaus gerelateerd aan deze specifieke trillingsbron dan ook niet meegenomen.



Projectnr. : 02P010433  
Document : 02P010433-adv-01  
Project : Gedeeltelijke sloop RWZI aan het Zandpad te Utrecht

## PROGNOSE TRILLINGSSNELHEDEN

Aangezien de resultaten van de eerdere trillingspredictie zijn getoetst aan de SBR-richtlijn deel A: 2006/2010 en ook de metingen [1] en [2] aan deze versie zijn getoetst, is onderstaande beschouwing in deze lijn doorgezet. Opgemerkt wordt dat onderstaande predictie een indicatief karakter heeft. Uit de rapporten [1] en [2] is immers niet af te leiden waar en op welke momenten sloopwerkzaamheden zijn uitgevoerd en met welk materieel. De afstand van de sloopwerkzaamheden tot de trillingsmeter is daarom ook niet exact te reproduceren. Aangenomen is dat de hogere trillingssnelheden zijn opgetreden op het moment dat sloopwerkzaamheden zijn uitgevoerd op de kortste afstand tot de trillingsmeter. Verder is aangenomen dat de nu toe te passen sloopmethodiek identiek is aan de sloopmethodiek die in het verleden is gebruikt.

In onderstaande tabel zijn de gemeten trillingssnelheden tijdens de sloop nogmaals weergegeven.

Tabel 1. Overzicht gemeten trillingssnelheden tijdens sloop

| Gebouw    | Gebouwtype | Afstand tot trillingsbron [m] | Trillingsfrequentie [Hz] | Trillingssnelheid* [mm/s] |
|-----------|------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Geur-2    | Cat 1      | 10 á 20                       | 0 tot 20 max 40          | 3                         |
| Reactor-2 | Cat 1      | 30                            | 0 tot 20 max 35          | 2                         |
| Zandpad 3 | Cat 3      | 125                           | 0 tot 18                 | 2 (1)                     |

*\*Trillingssnelheid die grofweg in 99% van de gevallen niet wordt overschreden.*

De afname in de gemeten trillingssnelheid tussen geur-2 en reactor-2, van 3 mm/s naar 2 mm/s is redelijk goed verklaarbaar aangezien de afstand tot de trillingsbron groter was. Minder goed verklaarbaar is waarom bij Zandpad 3 op een afstand van 125 m nog steeds trillingssnelheden worden gemeten van 2 mm/s. Verwacht zou worden dat, gezien de grotere afstand, de trillingen minder zouden zijn. De dempingsfactor lijkt daarmee laag te zijn. Indien ervan wordt uitgegaan dat eerder genoemde specifieke trillingsbron met een frequentie van ca. 70 Hz, ook effect heeft op het trillingsniveau van in het frequentiebereik van 0 tot 18 Hz, en zodoende kan worden uitgegaan van een maximale trillingssnelheid van ca. 1 mm/s, pas dit beter bij de verwachtingen.

De dichtstbijzijnde woningen zijn gelegen op ca. 25 m afstand van de meest zuidelijke nabezinktank langs de Loevenhoutsedijk. Het betreft hier onlangs gerealiseerde geschakelde bebouwing, die naar verwachting op palen is gefundeerd, en in goede staat verkeerd. Deze bebouwing kan worden ingedeeld in categorie 2. Verder is langs de Loevenhoutsedijk nog een muzieschool aanwezig op een afstand van 15 á 20 m van de zuidelijke nabezinktank.. Naar verwachting is dit pand ook palen gefundeerd en is in goede staat. Ook deze bebouwing kan worden ingedeeld in categorie 2.

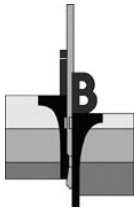
Langs de Loevenhoutsedijk is op een afstand van ca. 50 m van de nabezinktanks, nog een vrijstaande woning gelegen. De funderingswijze is ons niet bekend; de constructieve staat van het pand lijkt goed.

Langs de Braildreef zijn op een afstand van minimaal 100 m van meest noordelijke nabezinktank een drietal appartementencomplexen (8 bouwlagen) aanwezig, naar verwachting op palen gefundeerd. De staat van de complexen is goed. Deze bebouwing kan worden ingedeeld in categorie 2.

Langs het Jagerskade is oudere (monumentale?) bebouwing aanwezig, die echter nog in uitstekende staat verkeerd. De afstand tot de eerste nabezinktank bedraagt ca. 50 m. De afstand tot het eerste te slopen gebouw (tussenbezinktank) bedraagt ca. 55 m. Vooralsnog wordt deze bebouwing ingedeeld in categorie 3.

Langs de Jagerskade is verder nog een pand (17) gelegen, op een afstand van ca. 20 m van de te slopen bebouwing (tussenbezinktank). De funderingswijze is onbekend; de staat van het pand lijkt goed te zijn. Het pand wordt ingedeeld in categorie 2.

De afstand van de dichtstbijzijnde nabezinktank tot het pand Zandpad 3 bedraagt ca. 225 m. De afstand tot de dichtstbijzijnde bebouwing (volledig onderkelderd met dikke (onderwater)betonvloer) bedraagt ca. 90 m. Verwacht mag worden dat het slopen van normale metselwerk bebouwing minder trillingen veroorzaakt dan het slopen van een nabezinktank, waarop de trillingssnelheden zoals genoemd in tabel 1 zijn gebaseerd. Echter voor het slopen van de kelder zullen deze naar verwachting vergelijkbaar zijn of zelfs mogelijk hoger dan voor de nabezinktank (de betonvloer is immers dikker, doch een en ander zal mede afhankelijk van de wijze van slopen).



Projectnr. : 02P010433  
Document : 02P010433-adv-01  
Project : Gedeeltelijke sloop RWZI aan het Zandpad te Utrecht

In dit kader wordt opgemerkt dat de dichtstbijzijnde woningen langs de Hogelanden WZ op een afstand van ca. 70 m van de te slopen kelder aanwezig zijn. Uit tabel 2 blijkt dat, gebaseerd op de in het verleden tijdens sloopwerkzaamheden uitgevoerde trillingsmetingen, de geprognosticeerde trillingen onder de grenswaarden liggen. Indien de trillingen tijdens het slopen van de kelder echter hoger zijn dan bij het slopen van een nabezinktank, mogelijk juist wel overschreden. Dit zal mede afhankelijk zijn van de sloop methode.

Op basis van het bovenstaande kan, uitgaande van herhaald kortdurende trillingen en een indicatieve meting (waar de in tabel 1 gepresenteerde waarden op zijn gebaseerd), worden gekomen tot onderstaande tabel.

Tabel 2. Overzicht gemeten trillingssnelheden tijdens sloop

| Gebouw                                  | Gebouwtype                                                   | Afstand tot te slopen object [m]    | Grenswaarde <sup>3)</sup> [mm/s] | Geprognosticeerde trillingssnelheid* [mm/s]          |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------|
| Geschakelde woningen Loevenhoutsedijk   | Cat 2                                                        | 25 <sup>2)</sup>                    | 2,1 tot 3,1                      | ca. 2,5                                              |
| Muziekschool Loevenhoutsedijk           | Cat 2                                                        | 15 á 20 <sup>2)</sup>               | 2,1 tot 3,1                      | ca. 2,5 á 3,0                                        |
| Vrijstaande woning Loevenhoutsedijk 132 | Cat 2<br>Mogelijk trilling gevoelige fundering <sup>4)</sup> | 50 <sup>2)</sup>                    | 2,1 tot 3,1                      | ca. 1,5                                              |
| Appartementen Brilledreef               | Cat 2                                                        | 100 <sup>2)</sup>                   | 2,1 tot 3,1                      | < 1 á 1,5                                            |
| "Monumentale " pand langs Jagerskade    | Cat 3<br>Trilling gevoelige fundering <sup>4)</sup>          | 55 <sup>2)</sup> /50 <sup>1)</sup>  | 1,25 tot 1,8                     | ca. 1,5                                              |
| Pand 17 langs Jagerskade                | Cat 2<br>Mogelijk trilling gevoelige fundering <sup>4)</sup> | 20 <sup>2)</sup> /65 <sup>1)</sup>  | 2,1 tot 3,1                      | ca. 2,5 á 3,0 <sup>2)</sup><br>ca. 1,5 <sup>1)</sup> |
| Pand Zandpad 3                          | Cat 3<br>Trilling gevoelige fundering <sup>4)</sup>          | 90 <sup>1)</sup> /225 <sup>2)</sup> | 1,25 tot 1,8                     | < 1,5 <sup>1)</sup><br>< 1 á 1,5 <sup>2)</sup>       |
| Woningen Hogelanden WZ                  | Cat 2<br>Mogelijk trilling gevoelige fundering <sup>4)</sup> | 70 <sup>2)</sup>                    | 2,1 tot 3,1                      | <. 1,5                                               |

1) Dichtstbijzijnde te slopen na bezinktank

2) Dichtstbijzijnde te slopen bebouwing

3) Geldt voor een frequentie van 0 tot 20 Hz.

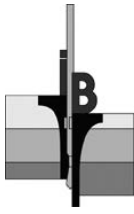
4) Trilling gevoelige fundering is binnen een frequentiebereik van 0 tot 20 Hz niet maatgevend voor de grenswaarde.

Voor de geschakelde woningen aan de Loevenhoutsedijk worden trillingssnelheden geprognosticeerd, die afhankelijk van de frequentie, juist boven / juist onder de grenswaarden liggen. Dit geldt ook voor de muziekschool. Voor de vrijstaande woning langs de Loevenhoutsedijk is de verwachting dat de grenswaarden niet worden overschreden.

Voor de appartementen langs de Brilledreef is eveneens de verwachting dat de grenswaarden niet worden overschreden.

De trillingssnelheden voor de panden langs de Jagerskade en het Zandpad liggen naar verwachting eveneens juist boven / juist onder de gestelde grenswaarden, mits de trillingen bij het slopen van de (dikke onderwater) betonvloer van het pand gelegen op een afstand van 90 m vergelijkbaar zijn als bij het slopen van de nabezinktanks.

Hierbij wordt aangetekend dat de gemeten trillingssnelheden zoals gepresenteerd in tabel 1 en de geprognosticeerde trillingssnelheden zoals gepresenteerd in tabel 2, in globaal 99% van de gevallen niet worden overschreden. Bovendien is bij het bepalen van de geprognosticeerde trillingssnelheden zoals weergegeven in tabel 2 een conservatieve insteek gekozen. De kans dat grenswaarden daadwerkelijk worden overschreden is derhalve beperkt. Tegelijkertijd wordt hierbij opgemerkt dat de trillingen tijdens het slopen van de kelder met



Projectnr. : 02P010433  
Document : 02P010433-adv-01  
Project : Gedeeltelijke sloop RWZI aan het Zandpad te Utrecht

---

een dikke betonvloer, mogelijk hoger zullen zijn dan eerder gemeten bij het slopen van de nabezinktanks, en tevens afhankelijk zullen zijn van de sloop methode.

Bovendien zijn bovengenoemde grenswaarden gebaseerd op herhaald kortdurende trillingen in combinatie met een indicatieve meting. Indien wordt uitgegaan van een beperkte of uitgebreide meting kunnen hogere grenswaarden worden gehanteerd. Bij een uitgebreide meting mag worden uitgegaan van een grenswaarde 3,3 á 5,0 mm/s voor categorie 2 gebouwen en 2,0 á 2,8 mm/s voor categorie 3 gebouwen. Indien een meer uitgebreide meting zou worden verricht bestaat er dus een reële kans dat de grenswaarden niet worden overschreden. Met zekerheid is dit echter niet te zeggen, aangezien in [1] en [2] enkel resultaten beschikbaar zijn van een indicatieve meting.

Alvorens wordt gestart met de sloopwerken dient een monitoringplan te worden opgesteld waarin de opzet van de volledige monitoring (dus niet enkel in het kader van de sloop, maar ook in het kader van een eventuele bemaling of het inbrengen van tijdelijke damwanden) van de omgeving wordt beschreven. In dit plan dient ondermeer te worden aangegeven van welke panden een vooropname wordt gemaakt, wanneer aan welke panden trillingsmetingen worden uitgevoerd en wat de uitgebreidheid dient te zijn van deze metingen en in welke panden boutjes en eventueel scheurimeters worden geplaatst. Verder dienen uiteraard signaal- en grenswaarden te worden geformuleerd en dient beschreven te worden door wie (lijst contactpersonen opnemen), welke acties moeten worden genomen indien deze signaal- en grenswaarden worden overschreden.

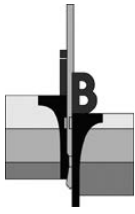
Onder bijlage A is een voorstel gedaan ten aanzien van de panden waaraan trillingsmetingen dienen te worden verricht. Hierbij kan worden gestart met indicatieve metingen aan de dichtstbijzijnde categorie 2 panden. Indien de (nog vast te stellen) signaalwaarden worden overschreden, kan zo nodig worden opgeschaald naar een beperkte of uitgebreide meting, danwel de sloopmethode worden aangepast. Geadviseerd wordt aan de categorie 3 panden, vanaf de start continue te meten. Afhankelijk van de slooplocatie en de gemeten trillingen, kan hierin worden afgeschaald.

Geadviseerd wordt fotografische vooropnames te maken van panden binnen een straal van 100 m van te slopen objecten. Voor categorie 2 panden is dit een conservatieve benadering. Voor categorie 3 panden is dit, vanwege de lagere grenswaarden, een minder conservatieve benadering. Geadviseerd wordt, indien binnen een straal van 150 m van de te slopen objecten, nog categorie 3 panden (oude en monumentale gebouwen of onderdelen hiervan; in slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of in slechte staat verkerende onderdelen hiervan) aanwezig zijn, deze ook fotografisch op te nemen. Onder bijlage B is een en ander grafisch weergegeven.

Geadviseerd wordt oude, in slechte staat verkerende en monumentale panden binnen de eerste risicocontour (100 m) zowel in-als uitpandig op te nemen. Bij de overige panden kan worden volstaan met een uitpandige opname. Voor oude, in slechte staat verkerende en monumentale panden binnen de tweede risicocontour (150 m) zou in principe kunnen worden volstaan met een uitpandige opname; indien het op te nemen aantal panden binnen de tweede contour beperkt is, kan worden overwogen deze zowel in-als uitpandig op te nemen (risico beperkend).

Wellicht tet overvloede wordt er nogmaals op gewezen dat voorliggende rapportage een prognose betreft op basis van huidige aannames (traditionele sloop, enz.), beperkte trillingsmetingen etc. Zodra meer inzicht bestaat in de definitieve uitvoeringsmethodiek wordt geadviseerd de trillingspredictie door of namens de uitvoerende partij te laten actualiseren, waarbij tevens een volledig monitoringsplan wordt opgesteld.

Conform verstrekte informatie zal voor de sloop waarschijnlijk ook worden bemalen. Nagegaan moet worden of vanwege de omgevingsbeïnvloeding door de bemaling, nog andere monitoring noodzakelijk is (bijv. het plaatsen van peilbuizen en zettingsboutjes) en/of een groter gebied moet worden gemonitord.



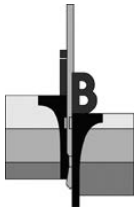
Projectnr. : 02P010433  
Document: 02P010433-adv-01  
Project : Gedeeltelijke sloop RWZI aan het Zandpad te Utrecht

---

## Bijlage A



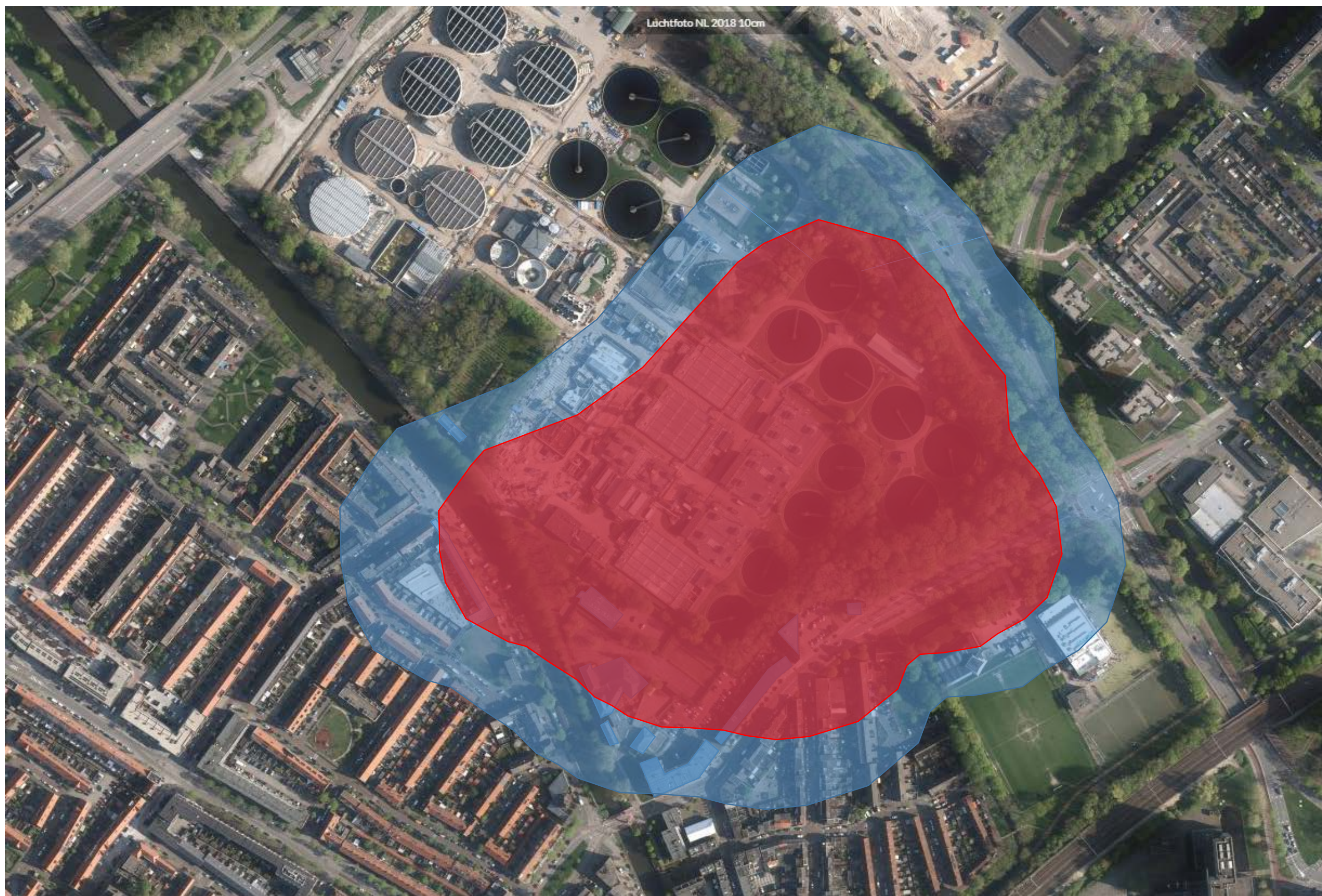
Panden waaraan trillingsmetingen dienen te worden verricht



Projectnr. : 02P010433  
Document: 02P010433-adv-01  
Project : Gedeeltelijke sloop RWZI aan het Zandpad te Utrecht

---

## Bijlage B



100 m contour



150 m contour

## ADVISERING GEOTECHNIEK

Paalfundering  
Fundering op staal

Bouwputontwerp  
Bemaling  
Grondkerende constructie  
Taludstabiliteit

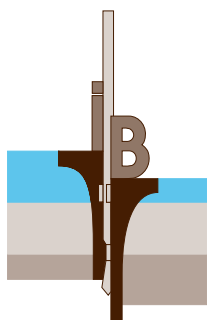
Bouwrijp maken terrein  
Grondbalans  
Drainage  
Afkoppelen en infiltreren  
Geo-hydrologische studie

Toezicht heiwerk

Funderingsrenovatie  
Schade expertise

Pijpleidingen  
Gestuurde boringen

Trillingsanalyse  
Geluidsanalyse



**INPIJN-BLOKPOEL**  
ingenieursbureau



**Ingenieursbureau Inpijn-Blokpoel Son B.V.**

Ekkersrijt 2058  
postbus 94 - 5690 AB Son  
telefoon (0499) 47 17 92

e-mail [post@inpijn-blokpoel.com](mailto:post@inpijn-blokpoel.com)

## VELDWERK

Sonderen  
Boren  
Pompproeven  
Peilbuizen

Landmeetkundig werk  
Nauwkeurigheidswaterpassing  
DGPS-metingen  
Inmeten palenplan

Trillingsmeting  
Geluidsmeting  
Akoestische paalcontrole  
Geo-monitoring

Heibegleiding  
Toezicht bouwputten

## LABORATORIUM

Classificatie proeven  
Mechanische eigenschappen  
Chemische analyse

## MILIEU-ONDERZOEK

Verkennd-, nader- en  
saneringsonderzoek  
Advisering  
Projectbegeleiding  
Akoestisch onderzoek  
Partijkeuringen besluit bodemkwaliteit (Bbk)



[www.inpijn-blokpoel.com](http://www.inpijn-blokpoel.com)