

## Monitoringsplan herstelwerkzaamheden Pr Margriettunnel



## Monitoringsplan herstelwerkzaamheden Pr Margrietunnel

**Monitoringsplan herstelwerkzaamheden Pr Margrietunnel**

<b>Opdrachtgever</b>	Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud Gebouw Westraven
<b>Contactpersoon</b>	
<b>Referenties</b>	Referenties
<b>Trefwoorden</b>	Monitoring zetting grondwaterstand stijghoogte

**Documentgegevens**

<b>Versie</b>	1.0
<b>Datum</b>	17-03-2023
<b>Projectnummer</b>	11209150-005
<b>Document ID</b>	11209150-005-GEO-0001
<b>Pagina's</b>	45
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

**Auteur(s)**


*Gebruik van deze tabel is voor de controle van de juiste uitvoering door Deltares van de opdracht. Ieder ander klantgebruik en externe verspreiding is niet toegestaan.*

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord
1.0			

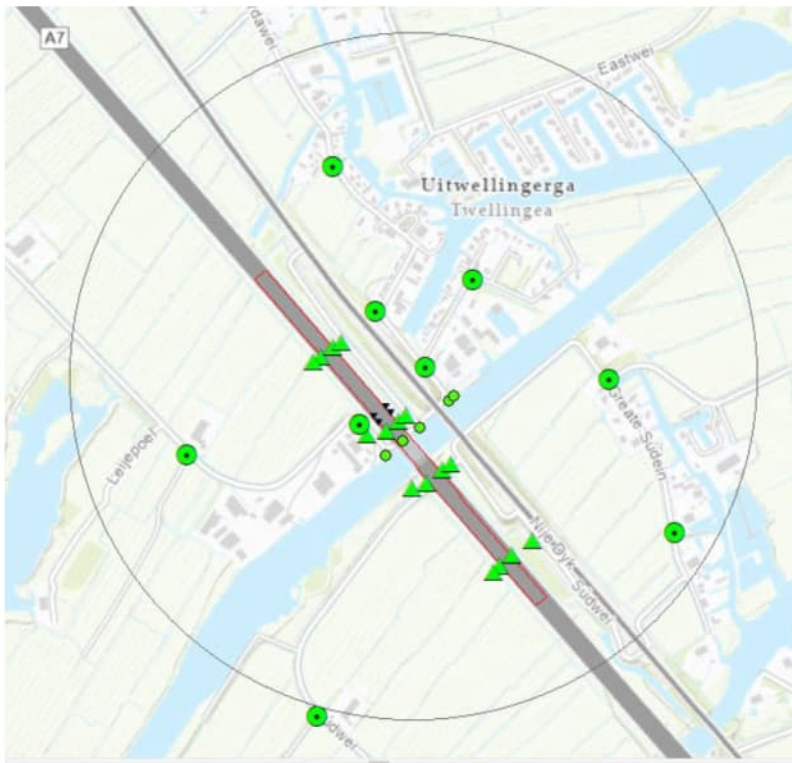
# Samenvatting

Ten behoeve van het onderzoek naar en de herstelwerkzaamheden aan de calamiteit bij de Pr. Margriettunnel wordt mogelijk een bemaling als maatregel aangebracht. Om de werking en (omgevings)invloed van de bemaling te kunnen beoordelen wordt een monitoring ingericht. In dit plan is de daartoe noodzakelijke monitoring beschreven. Het plan moet worden gezien als een groeidocument dat is gebaseerd op de huidige inzichten over de aanpak van het onderzoek en de wijze waarop de herstelwerkzaamheden uitgevoerd zullen worden.

Op dit moment zijn geen andere werkzaamheden voorzien die ook invloed kunnen hebben. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan ontspanning door ontgravingen, trillingen door bouwverkeer/materieel, zettingen/stabiliteit door ophogingen. Deze zijn voor nu buiten de scope gehouden.

In het rapport zijn mogelijke risico's van een bemaling (scenario 5) beschouwd en op basis daarvan is de omvang van monitoring vastgesteld.

Aanbevolen wordt om een bouwtechnische opname uit te voeren voor alle woningen en bedrijfspanden gelegen binnen de zone waar bij een verlaging van de grondwaterstand in deklaag, of tussenzandlaag, tot 0,25 m is berekend. Het gaat om de gebouwen in het cirkelvormige gebied zoals weergegeven in onderstaande figuur.



*Zone ten behoeve van bouwkundige opname bebouwing vooraf.*

Na afloop van de werkzaamheden kan dan op basis van deze opname eventueel opgetreden schade beoordeeld worden.

Monitoring is gepland voor het volgen van:

- Grondwaterstand en stijghoogte verlagingen bij de tunneltoeritten.
- Grondwaterstand en stijghoogte verlagingen in de omgeving middels peilbuizen.
- De zakking van het maaiveld middels zakkaken op dezelfde locaties als de peilbuislocaties in de omgeving.
- De zakking van gebouwen middels meetpunten op gevels.
- De zakking nabij de Gasunie-leiding middels metingen aan maaiveld.
- De zakking van de kruin/maaiveld van de waterkering langs het kanaal middels zakkaken of meetpunten. Objecten zoals de brug over het kanaal kunnen worden gemonitord op basis van daar aanwezige hoogtemerken of nieuw uit te voeren hoogtemeting.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Algemeen</b>	<b>8</b>
1.1	Scope	8
1.2	Doelstelling	8
<b>2</b>	<b>Monitoringstrategie</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Inventarisatie omgevingsrisico's</b>	<b>11</b>
3.1	Invloedsgebied	11
3.2	Grondwaterstanden	13
3.3	Maaiveldzettingen	14
3.4	Zakkingen bebouwing	14
3.5	Zakkingen infrastructuur en waterkeringen	17
3.6	Grondwaterkwaliteit	17
3.7	Agrarische belangen	18
3.8	Natuurbelangen	18
3.9	Grondwateronttrekkingen en installaties WKO installaties	19
3.10	Oppervlaktewater	19
<b>4</b>	<b>Inrichting monitoring en meetnet</b>	<b>20</b>
4.1	Grondwaterstanden en –stijghoogten	20
4.1.1	Invloedsgebied A	20
4.1.2	Invloedsgebied B	23
4.1.3	Algemeen	23
4.2	Maaiveldzettingen	23
4.3	Zakkingen bebouwing	24
4.4	Zakking tunnel	25
4.5	Zakkingen waterkering	25
4.6	Zakkingen leidingen	26
4.7	Zakkingen overige objecten	28
4.8	Grondwaterkwaliteit	28
4.9	Agrarische belangen	29
4.10	Natuurgebieden	29
4.11	Oppervlaktewater	30
<b>5</b>	<b>Nulmeting en opstart bemaling</b>	<b>31</b>
5.1	Nulmeting	31

5.2	Opstart bemaling	31
5.2.1	Algemeen	31
5.2.2	Activiteiten voorafgaand aan bemaling	32
5.3	Activiteiten tijdens en na instelling van de bemaling	32
<b>6</b>	<b>Conclusies</b>	<b>33</b>
6.1	Opmerkingen	33
6.2	Monitoring	33
<b>7</b>	<b>Referenties</b>	<b>34</b>
<b>A</b>	<b>Schadeverwachting bij gebouwen/objecten</b>	<b>35</b>
<b>B</b>	<b>Meetpunten op gebouwen</b>	<b>37</b>
<b>C</b>	<b>Locaties van peilbuizen nabij geplande onderzoekspunten</b>	<b>43</b>
<b>D</b>	<b>Ligging tunnel toeritten in ondergrond</b>	<b>44</b>

# 1 Algemeen

## 1.1 Scope

Ten behoeve van het onderzoek naar en de herstelwerkzaamheden aan de calamiteit bij de Pr. Margrietunnel wordt mogelijk een bemaling als maatregel aangebracht. Om de werking en (omgevings)invloed van de bemaling te kunnen beoordelen wordt een monitoring ingericht. In dit plan is de daartoe noodzakelijke monitoring beschreven. Het plan moet worden gezien als een groeidocument dat is gebaseerd op de huidige inzichten over de aanpak van het onderzoek en de wijze waarop de herstelwerkzaamheden uitgevoerd zullen worden.

Op dit moment zijn geen andere werkzaamheden voorzien die ook invloed kunnen hebben. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan ontspanning door ontgravingen, trillingen door bouwverkeer/materieel, zettingen/stabiliteit door ophogingen. Deze zijn voor nu buiten de scope gehouden.

## 1.2 Doelstelling

De monitoring heeft de volgende doelen:

- Het vaststellen dat de benodigde verlaging van de stijghoogte onder de gewenste moot van de tunneltoerit wordt bereikt.
- Het vaststellen van de onttrekkingsdebieten.
- Het vaststellen van de invloed van de bemaling in de omgeving. Dit betreft veranderingen van de grondwaterstand en – stijghoogtes in watervoerende zandlagen en het tijdig onderkennen van mogelijk negatieve effecten in de omgeving zodanig dat deze effecten beheerst kunnen worden. Hierbij kan gedacht worden aan zettingen, deformaties, invloed op natuur, landbouw e.d.

Op basis van de monitoring kan de bemaling naar behoefte afgeregeld worden en dient het onttrekkingsdebiet te worden vastgesteld.

Het monitoringsplan geeft invulling aan deze doelstelling.

**Doel: inrichting monitoring waarbij het monitoringsysteem in staat is de werking van de potentiële bemaling te bewaken en waarmee voorkomen kan worden dat er ter plaatse van de moot, de tunnel en de omgeving ongewenste effecten optreden.**



## 2 Monitoringstrategie

Als gevolg van de grondwateronttrekking zullen grondwaterstanden en –stijghoogten in de omgeving worden beïnvloed. Als gevolg daarvan kunnen zettingen van maaiveld, bebouwing en infrastructuur optreden, maar kunnen ook andere belangen zoals natuur en landbouw worden geschaad en kan ook de kwaliteit van het grondwater in de omgeving worden aangetast. De monitoringstrategie is erop gericht om mogelijke aantasting van belangen en risico's in een zodanig stadium te kunnen voorzien dat het afwegen van de risico's nog mogelijk is.

Opties bij het afwegen zijn: het uitkeren van schade, het beperken van de schade door maatregelen of het aanpassen van de werkzaamheden zodat geen schade optreedt.

Daarnaast dient monitoring te zijn gericht op het veilig en goed kunnen uitvoeren van de geplande onderzoek- en herstelwerkzaamheden.

### Historie – bemaling bij de aanleg

Bij de aanleg van de Pr. Margrietunnel in 1975-1976 is eveneens een bemaling actief geweest. De resultaten daarvan zijn vastgelegd in de rapportage 'Eindrapport van de commissie voor de gevolgen van de wateronttrekking bij de bouw van de tunnel onder het Prinses Margrietkanaal te Uitwellingerga, 1978' [1].

De bemaling is uitgevoerd in het zogenaamde midden pakket, tussen ca. MV -16 en -28 m (dus onder de keileem laag). In Tabel 1 is het globale tijdschema van de bemaling weergegeven.

Tabel 1 Globaal tijdschema bemaling bij aanleg Pr.Margrietunnel.

Datum	Beschrijving bemaling	Dagen sinds start	Maanden sinds start
1974 okt	Start	0	0
1975 mrt	Bereikte verlaging -17; Q=2400 m <sup>3</sup> /uur)	151	5
1976 aug	Gestopt	700	23
1976 okt	Gws op oorspronkelijk niveau	745	25

Met peilbuizen is geconstateerd dat invloed groter was dan vanuit de bemalingsberekeningen was voorspeld. In de bij het rapport behorende bijlage verlaginglijnen is dit gebied weergegeven (*tekening Bijlage 8*).

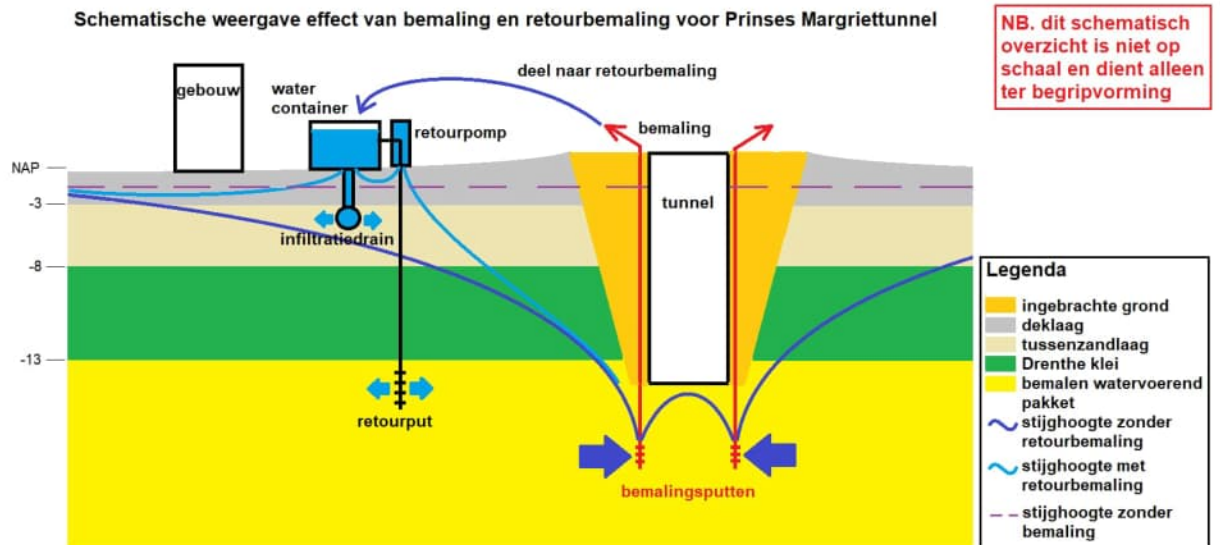
Rapport [1] geeft een goede basis voor het beoordelen van de te verwachten verlagingen in de omgeving. Tevens zijn daarin gemeten zakkingen aan bebouwing en maaiveld gerapporteerd.

### Beschrijving bemalingsmaatregel voor onderzoek en herstel

De monitoring is afgestemd op een bemalingsmaatregel. Op dit moment is de maatregel zoals beschreven in [2] actueel. Het gaat om een bemaling om nieuwe trekelementen aan te brengen. Er zijn enkele scenario's mogelijk waarbij gelijktijdig aan beide toeritten wordt gewerkt. Scenario 5 betreft het gelijktijdig en bij alle moten bemalen zodat overal de stijghoogte van het grondwater voldoende laag wordt en overal tegelijk kan worden gewerkt. Dit leidt tot de kortste uitvoeringstijd van circa 8 a 9 maanden.

De stijghoogte van het grondwater wordt zodanig verlaagd dat ter plaatse van de moten waaraan gewerkt wordt deze onder onderkant vloer komt te staan. Er kan dan geen grondwater de tunneltoerit instromen als deze voor het aanbrengen van het trekelement wordt doorbroken.

Om het effect op de omgeving te verminderen zal een retourbemaling worden geïnstalleerd om water te infiltreren zandige lagen en de verlagingen op afstand van de tunnel sterk worden gereduceerd. Hierdoor zullen ook effecten zoals maaiveld en gebouwzakkingen sterk worden gereduceerd. In Figuur 1 is de bemalingsmaatregel schematisch weergegeven.



*Figuur 1 Schematische weergave van bemaling en retourbemaling.*

De geplande bemaling ten behoeve van de herstelwerkzaamheden is minder zwaar dan destijds bij de aanleg is uitgevoerd. De tijdsduur is iets korter en de grootte van de verlaging is minder groot. Daarnaast reduceert de retourbemaling de stijghoogte en grondwaterstandverlagingen in de omgeving. Het invloedsgebied, zoals bij de aanleg is gerealiseerd, is een worst-case benadering en kan worden aangescherpt op basis van deze nieuwe informatie uit [2].

Opgemerkt wordt dat andere bemalingsmaatregelen mogelijk aan de orde kunnen komen. De werking en invloed op de omgeving dient dan beoordeeld te worden zodat eventuele aanvullende monitoring kan worden vastgesteld.

## 3 Inventarisatie omgevingsrisico's

### 3.1 Invloedsgebied

De bemaling moet een verlaging van de stijghoogte van het grondwater realiseren tot onder de vloer van de diverse tunneltoeritmoten.

Hierdoor veranderen ook de grondwaterstanden en stijghoogtes in de omgeving van de bemaling. Dit is de basis voor het ontstaan van potentiële negatieve effecten. Er worden drie invloedsgebieden onderscheiden:

#### *Invloedsgebied A*

*Dit invloedsgebied beperkt zich tot de tunneltoeritmoten waar een bepaalde verlaging van de stijghoogte is benodigd voor de uit te voeren onderzoeks- of herstelwerkzaamheden*

Dit gebied is begrensd tot de directe omgeving van de tunneltoerit (zie Figuur 2 met als voorbeeld moot 26).



**Figuur 2** Invloedsgebied A voor de onderzoeks- of herstelwerkzaamheden aan de tunneltoeritmoten (voorbeeld: moot 26).

#### *Invloedsgebied B*

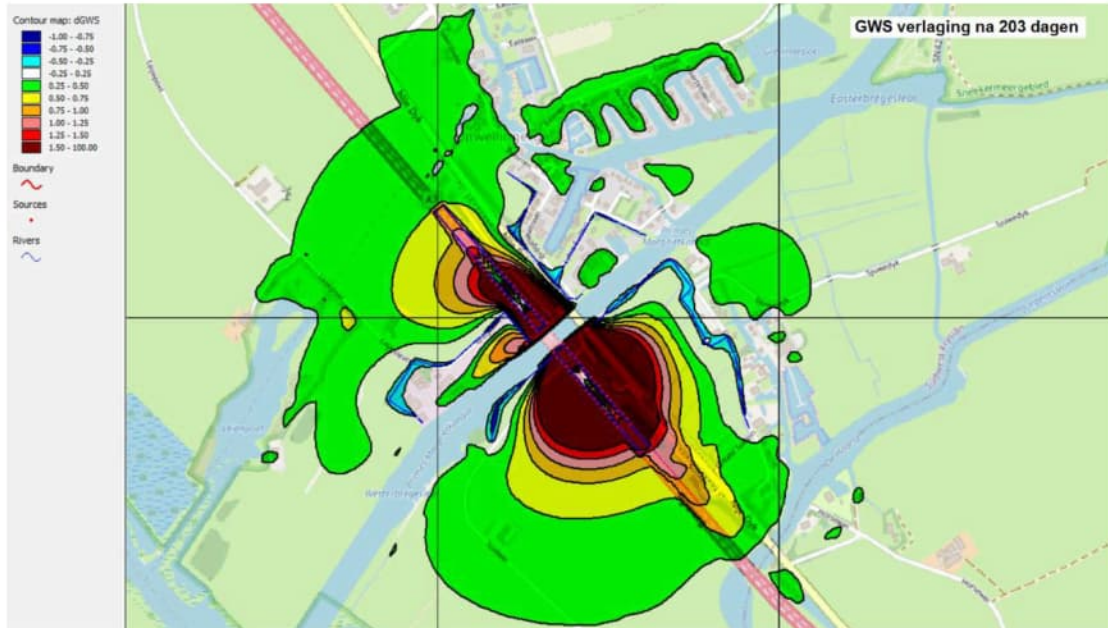
*Het gebied waarin bepaalde negatieve effecten op gebouwen en constructies kan optreden en monitoring wordt geadviseerd*

Bij de aanleg is het gebied waarin na de bouwperiode 1974-1976 relevante zakkingen zijn opgetreden begrensd door een cirkel met een straal van ca. 300 m uit het hart van de tunnel [1 bijlage 7].

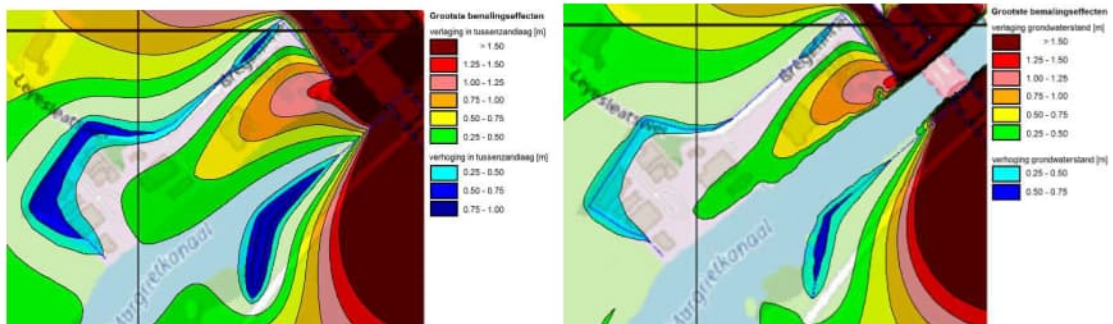
De huidige bemalingsmaatregel, scenario 5, [2] veroorzaakt enerzijds minder verlaging en zal minder lang actief zijn waardoor de verwachting is dat als gevolg van de herbelasting van de ondergrond de maaiveldzakking buiten dit gebied kleiner dan 10 mm zal worden. Buiten dit gebied is het zeer onwaarschijnlijk dat schade ontstaat aan gebouwen en constructies.

Op basis van [2] is de verwachting dat met toepassing van een retourbemaling overal, met uitzondering van een gebied rondom de bebouwing aan de noordwestzijde langs het kanaal (industriegebied), de verlagingen van freatische waterstand zeer klein blijven en

maaiveldzetting kleiner dan ca. 1 cm blijven waardoor mag worden verwacht dat buiten dit invloedsgebied er een kleine kans op schade is. Er wordt geen schade meer verwacht buiten de 0,25 m contourlijn. In Figuur 3 zijn de verlagingcontourlijnen voor de deklaag gegeven. Wanneer ingezoomd wordt op het industriegebied langs het kanaal aan de noordwestzijde dan ligt de 0,25 m contourlijn tot ca. 400 m voor de deklaag en de tussenzandlaag uit het hart van de tunnel, zie Figuur 4. Ook is te zien het het gebouw aan de Leijepoel binnen deze verlagingcontour ligt.

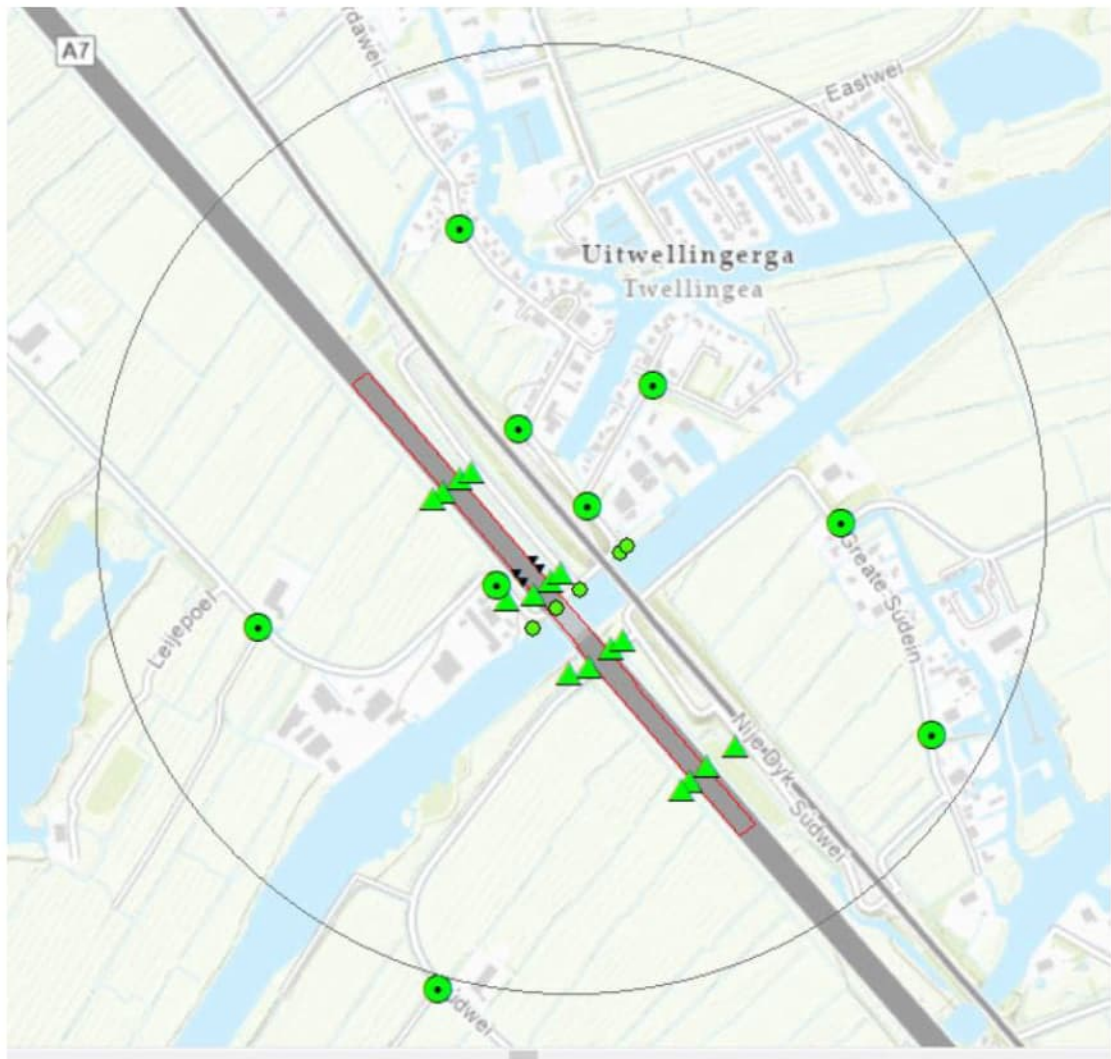


Figuur 3 Verlagingen stijghoogte deklaag (scenario 5) [2].



Figuur 4 Verlagingen stijghoogte tussenzandlaag (links) en grondwaterstand deklaag (rechts) ingezoomd bij industrieterrein langs kanaal [2].

Voorgesteld wordt om een cirkelvormige zone rondom het hart van de tunnel met deze straal te hanteren als invloedsgebied B. In dit gebied vallen alle panden langs het kanaal in het industriegebied dat deels wordt beïnvloed door de onttrekking en waarvan de retourbemaling mogelijk niet overal tot de gewenste reductie van de verlaging leidt en enkele andere panden die net nog in de 0,25 m verlagingcontour lijgen buiten het industriegebied. Aan de noordoost zijde van de rijksweg vallen ook nog enkele gebouwen in het invloedsgebied tot ca. 800 m uit het hart van de tunnel. Voor veel gebouwen geldt dat de verwachting is dat de retourbemaling zorgt voor een dusdanige reductie van de grondwaterstandsverlaging dat nauwelijks effect optreedt. Veiligheidshalve worden dit gebied toch in zijn geheel meegenomen als invloedsgebied waar potentieel negatieve effecten kunnen optreden, de aandacht ligt dan meer op het verifiëren van de verwachte beperkte invloed. Het invloedsgebied is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5 Invloedsgebied B bij scenario's uit [2].

Binnen invloedsgebied B, het invloedsgebied waar potentieel negatieve effecten kunnen optreden, zijn mogelijk kwetsbare bodemgebruiksfuncties. Deze worden in de volgende paragrafen geïnterpreteerd. Daarbij is o.a. gebruik gemaakt van de checklist risico's ([bijlage 2: BRL SIKB protocol 12010 Voorbereiden melding of vergunningaanvraag]).

### 3.2 Grondwaterstanden

De bemaling veroorzaakt een verlaging van de grondwaterstand en stijghoogte van het grondwater in de diepere watervoerende grondlagen. Daarom is het van belang om een goed inzicht te hebben in de bodemopbouw en het verloop van de grondwaterstand en stijghoogtes.

Het monitoringsysteem moet in staat zijn om de werking van de bemaling te bewaken. Belangrijk is daarbij dat geen onderzoek- en herstelwerkzaamheden worden verricht zonder dat is vastgesteld dat de stijghoogte voldoende is verlaagd en tevens dat het verwijderen van ballast niet plaatsvindt zonder dat in voldoende mate de stijghoogte is verlaagd.

Het doel is het vaststellen van de stijghoogte van het grondwater direct onder de tunnelmoot en in het watervoerende pakket onder de leemlaag. Omdat onder de tunneltoeritmoten een zandlaag is aangebracht (op basis van tekening verwacht 0,5 m) wordt de stijghoogte direct

onder de tunneltoeritmoet bepaald door de stijghoogte in het watervoerende pakket en in de tussenzandlaag.

De gemeten hoeveelheid onttrokken water is basis voor de vergunning en representatief voor hoeveel water die geloosd moet gaan worden.

### 3.3 Maaiveldzettingen

Verlaging van grondwaterstanden en –stijghoogten leidt tot samendrukking van hiervoor gevoelige grondlagen, zetting. Zetting kan leiden tot schade. De mate waarin maaiveldzakkingen optreden is afhankelijk van de verandering in de grondwaterstand/stijghoogte, de tijdsduur ervan en de samendrukkingseigenschappen van de grond. Herbelasting, zoals hier optreedt als gevolg van de reeds veroorzaakte verlagingen tijdens de bouw (1974-1976), zal leiden tot een aanzienlijk geringere maaiveldzakking dan in het verleden is opgetreden.

### 3.4 Zakkingen bebouwing

De gemeten zakkingen van gebouwen, kunstwerken, wegen in 1974-1976 zijn beperkt gebleven tot max 16 mm. [1 bijlage 6]. Er waren destijds schademeldingen met betrekking tot scheuren in de muren, het scheef zakken van aangebouwde opstallen, losliggende vloeren in de woningen, klemmende deuren etc. Slechts in één geval, namelijk bij het gebouw van het watersportcentrum Twellegea (op terrein oude melkfabriek Twellegea; het Friese woord voor Uitwellingerga), gelegen dicht bij de bouwputten (op basis van informatie op internet verondersteld te liggen aan Bregesleatswei 2), leidde de deformatie vrij snel tot gevaar voor de bewoners zodat hulp-ondersteuningsconstructies noodzakelijk waren. Deze locatie ligt binnen het huidige invloedsgedebiet B. Veelal werd bij klachten van bouwkundige aard tevens melding gedaan van verzakking van het erf, de tegelpaden en de stoepen. Ook zijn er meldingen geweest van breuk van gas- en waterleidingbuizen ter plaatse van de doorvoeren in de funderingen van vele panden.

Ter plaatse van bebouwing is de grond voorbelast, bebouwing zakt zodoende minder dan de maaiveldzakking; weinig belaste grond zakt meer dan zwaar voorbelaste grond. Dit kan bijvoorbeeld leiden tot verzakkingen van bebouwing bestaande uit meerdere typen funderingen en gebouwen met losliggende vloeren.

Aangezien nu de bemaling aanzienlijk kleiner zal zijn en ook de duur aanzienlijk korter zal zijn dan destijds bij de aanleg, zal de maaiveldzakking en daarmee zakkingen van gebouwen/objecten substantieel minder zijn.

De volgende type gebouwen worden als gevoelig voor zakkingen gezien:

- Gebouwen met funderingen op staal of ondiepe funderingen.
- Gebouwen op houten palen waarvan de paalkoppen droog kunnen komen te staan bij een bemaling ruim langer dan enkele maanden.
- Gebouwen met gemengde/verschillende funderingen (zoals bij aanbouwen aan bestaande gebouwen).
- Kwetsbare panden die omvangrijke schade hebben ondervonden in het verleden.
- Opslagloodsen met losliggende vloeren (deze zullen zijn gebouwd na 1973).

Schade kan niet worden uitgesloten. Daarom is het nodig vast te kunnen stellen of schade veroorzaakt kan zijn door de bemalingswerkzaamheden en is het nodig de zakking te volgen om vast te kunnen stellen of tussentijds maatregelen nodig zijn.

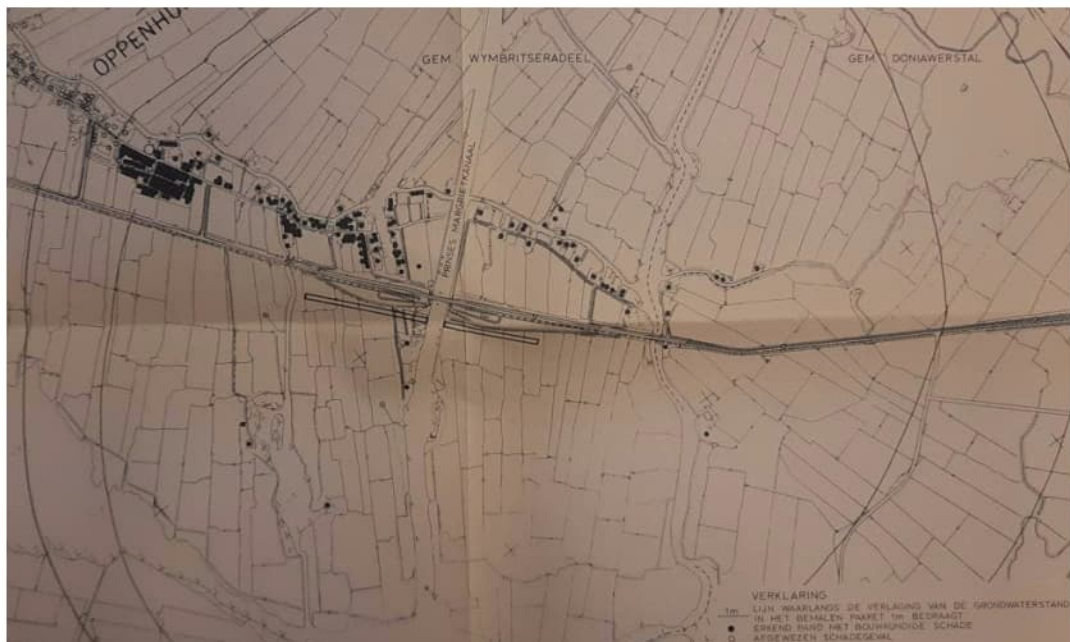
Om vast te stellen of gebouwen schade hebben opgelopen door de bemalingswerkzaamheden of kwetsbaar zijn, zoals hiervoor genoemd dient een bouwtechnische opname van woningen en bedrijfspanden binnen het invloedsgebied voorafgaand aan de bemalingswerkzaamheden plaats te vinden.

In Figuur 6 is aangegeven bij welke bebouwing bij de bouw van de tunnel (1974-1976) een opname is uitgevoerd. Deze liggen allemaal binnen de 0,25 m verlagingscontour.



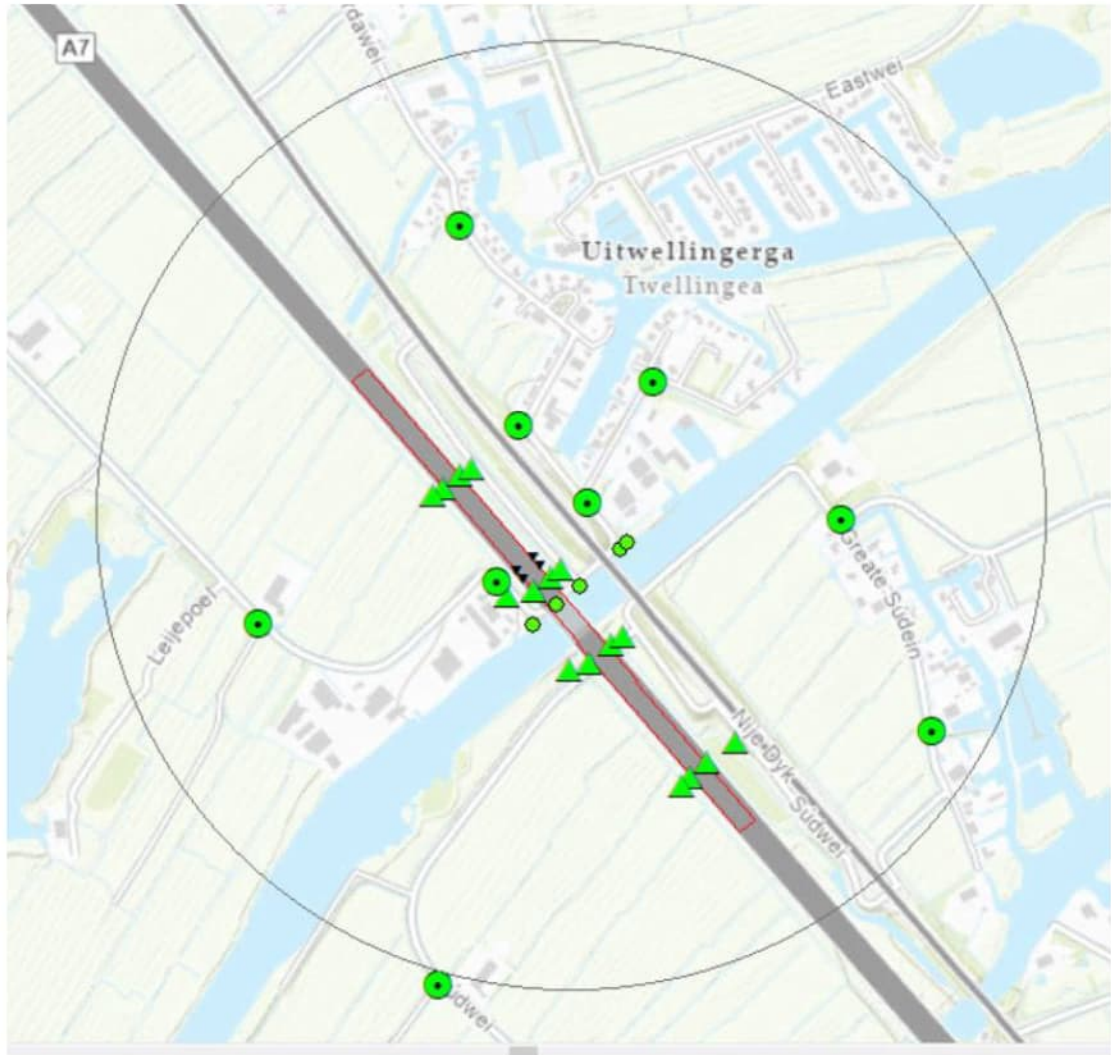
Figuur 6 Opname bebouwing in het bemalingsgebied 1974-1976 [1].

In Figuur 7 is aangegeven waar destijds schade van bouwkundige aard is gemeld is opgetreden en is toegewezen. Bouwkundige schade is verondersteld het gevolg te zien van zakking van het bouwwerk, mede door een effect van de bemaling.



Figuur 7 Schademeldingen van bouwkundige aarde (zwarte cirkel toegewezen claims) 1974-1976 [1].

De genoemde gebouwen bevinden zich in een straal van circa 1300 m rondom het hart van de tunnel (ter plaatse van kanaal). In H3.1 is aangegeven dat het invloedsgebied wordt bepaald door de verlagingscontouren zoals aangegeven in Figuur 3. Aanbevolen wordt om een bouwtechnische opname uit te voeren voor alle woningen en bedrijfspanden gelegen binnen de cirkelvormige zone die wordt genoemd invloedsgebied B (H3.1). Dit gebied is aangegeven in Figuur 8.



*Figuur 8 Zone ten behoeve van bouwkundige opname bebouwing vooraf.*

Na afloop van de werkzaamheden kan dan op basis van deze opname opgetreden c.q. geclaimde schade beoordeeld worden.

Er zijn volgens [www.atlasleefomgeving.nl](http://www.atlasleefomgeving.nl) enkele rijksmonumenten aanwezig in de nabije omgeving. Deze liggen buiten het gedefinieerde invloedsgebied zoals aangegeven in Figuur 8.

De volgens het kadaster opgegeven bouwjaar van gebouwen is eveneens weergegeven op <Atlas Leefomgeving>. Afdrukken van de locatie van rijksmonumenten en het bouwjaar zijn gegeven in bijlage B.

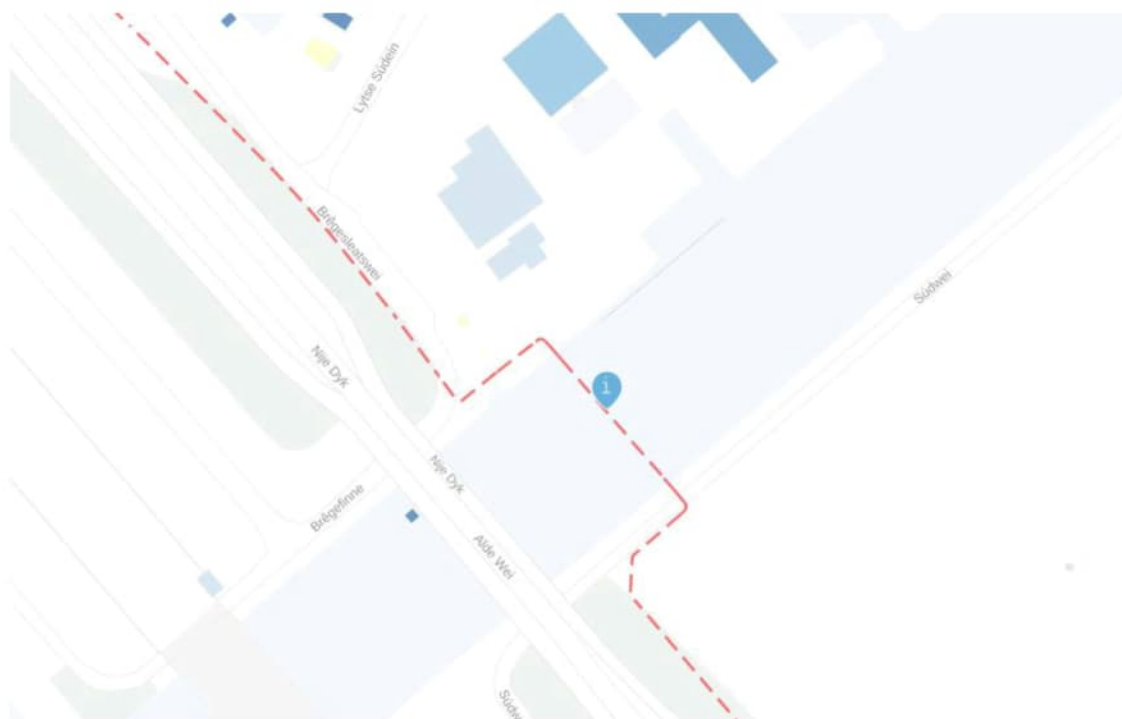
Voor het overgrote deel van de gebouwen in het gedefinieerde gebied is de bouwtechnische opname voldoende om geclaimde schade te beoordelen.



### 3.5 Zakkingen infrastructuur en waterkeringen

In invloedsgebied B zijn een aantal objecten geïdentificeerd die invloed kunnen ondervinden van door de bemaling veroorzaakte verlaging van grondwaterstanden/stijghoogtes. Het gaat om de volgende objecten:

- De waterkering langs het Pr. Margrietkanaal.
- Rijksweg A7.
- De Pr. Margrietunnel en toeritten.
- De brug Nye Dijk/Uitwellingerga over het Pr. Margrietkanaal.
- De brug van A7 en brug van Nije Dyk over de Stobberak/De Hoarse.
- Transport buisleiding gevaarlijke stoffen (Gasunie) met zinker onder kanaal (zie Figuur 9).



Figuur 9 Brug Nye Dijk over Pr.Margriet kanaal en Gasunie leiding (buitendiameter 159 mm, zinker 219 mm) bron Atlas leefomgeving/interprovinciaal overleg 2019.

Na de bouw van 1974-1976 is er ook schade gemeld door verzakking van wegen en de riolering nabij de tunnel.

Al deze infrastructuur is gevoelig voor zettingen. Het risico van optredende schade is klein. Door het volgen van de zakking kan dit risico worden beheerst. Door hoogtemetingen uit te voeren op bestaande hoogtemerken of nieuwe meetpunten nabij de kritische locaties kan een verandering van hoogteligging worden vastgesteld.

### 3.6 Grondwaterkwaliteit

De kwaliteit van het grondwater dient te worden vastgesteld vanwege de volgende redenen:

- Invloed grondwater op degradatie beton en/of degradatie stalen constructieonderdelen.
- Kwaliteit onttrokken grondwater t.b.v. bemalingsvergunning en lozing (set standaardparameters) in overleg met beheerder van het water waarop geloosd wordt.

Op dit moment zijn er geen aanwijzingen dat issues rondom zout grondwater en drinkwateronttrekkingen een rol spelen.

Er zijn geen verontreinigde locaties geïdentificeerd.

### 3.7 Agrarische belangen

Met betrekking tot belangen voor de landbouw spelen de volgende aandachtspunten :

- Maaiveldzakking, in relatie tot drooglegging en drainage.
- Opbrengstderving als gevolg van verlaagde freatische waterstand.

De aanwezigheid van sloten met daarin een beheerd waterpeil reduceert het effect van een tijdelijke grondwateronttrekking.

Landbouwschade is bij de aanleg van de tunnel in 1974-1976 opgetreden in een zone net buiten de 0,25 m verlagingscontour van de freatische grondwaterstand en binnen de 0,25 m verlagingscontour van de diepe waterstand. Dit gebied is vrij omvangrijk en lag tot ca. 2 à 2,5 km rondom het hart van de tunnel. In [1, bijlage 10] zijn schadecategoriën 1 t/m 7 gehanteerd voor het vaststellen van een vergoeding. In Tabel 2 zijn deze weergegeven.

Tabel 2 Beschrijving schadecategoriën landbouwschade zoals gehanteerd bij de aanleg [1].

Categorie	Omschrijving
1	ernstige scheurvorming met een breedte van ca. 25 cm en een diepte tot ca. 80 cm en/of ongelijke verzakkingen in het maaiveld door inklink en schaltevorming zichtbaar over het gehele perceel
3	Minder ernstige scheurvorming en/of ongelijke verzakkingen in het maaiveld door inklink en schaltevorming
5	lichte scheurvorming en/of verzakkingen in het maaiveld door inklink en schaltevorming
7	Geen schade; In categorie 7 geen vergoeding
<b>Cat 2, 4,6 zijn tussenvormen</b>	

Het betreffen criteria om opgetreden schade te kunnen beoordelen. Er is geen correlatie met maaiveldzakkingen of grondwaterstandsverlaging. De bron van de genoemde classificatie en detailcriteria zijn in [1] niet benoemd.

In het gebied is schade ontstaan in de vorm van moeilijker bewerking en mede daardoor een lagere gras- en hooiopbrengst.

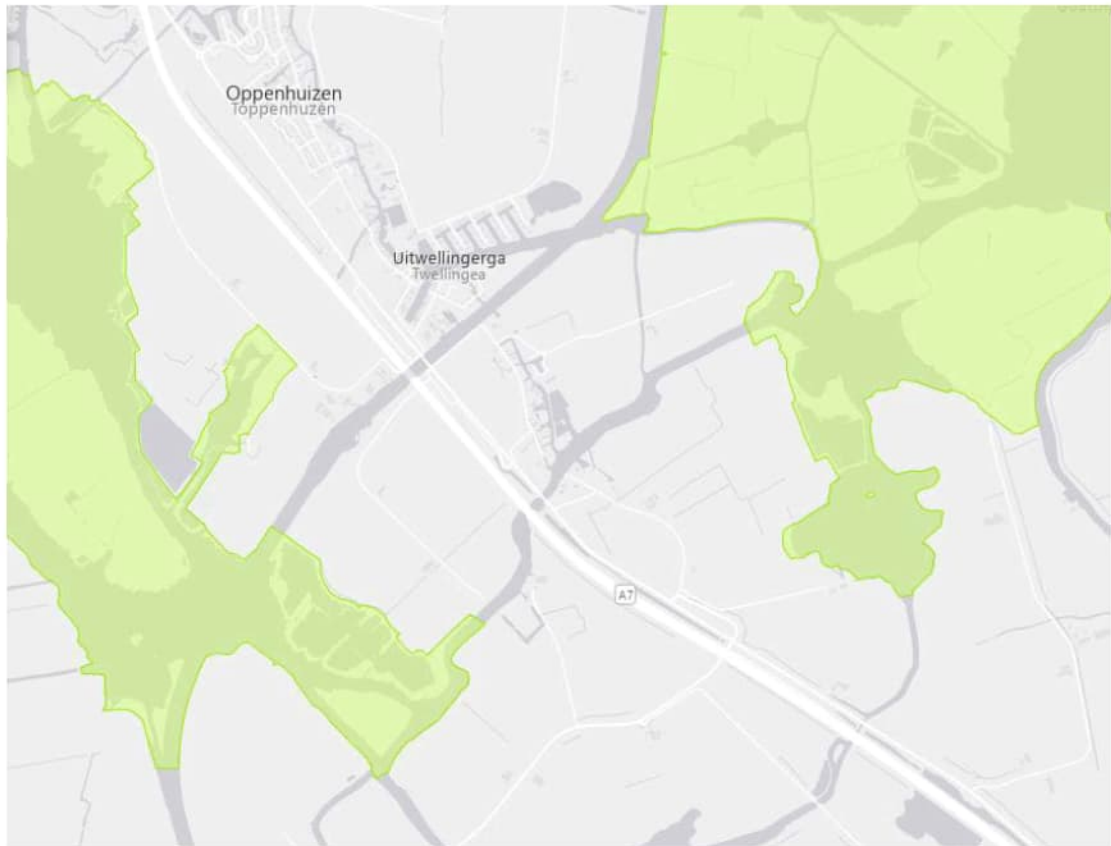
Bij de huidige bemalingsmaatregel (scenario 5) ligt de 0,25 m verlagingscontour veel dichterbij de tunnellocatie dan bij de aanleg [1] het geval was. De schade is vooral gekoppeld aan de freatische grondwaterstand.

### 3.8 Natuurbelangen

Een verlaging van het grondwater kan leiden tot verdroging.

In de omgeving van tunnel aanwezige natuurgebieden zijn:

- Natura 2000 (bron: atlas leefomgeving, zie lichtblauwe gebieden in Figuur 10 onder Vogelrichtlijn).



*Figuur 10 Natura 2000-gebieden (aangegeven in licht groenblauw).*

Het gaat voornamelijk om gebieden rondom de meren en open wateren.

Het natuurgebied Leienpoel ligt voor een klein deel in invloedsgebied B waar nog enige grondwaterstandsverlaging in de deklaag wordt verwacht, zie Figuur 5. De overige geïdentificeerde natuurgebieden liggen buiten het invloedsgebied.

### 3.9 Grondwateronttrekkingen en installaties WKO installaties

In de omgeving zijn, voor zover bekend, geen grondwateronttrekkingen of WKO-installaties (warmte-koude-opslag) aanwezig die door de bemaling geschaad kunnen worden.

### 3.10 Oppervlaktewater

Bij het uitvoeren van de bemaling moet de invloed op de open water peilen worden gevolgd.

- Kanaalpeil.
- Overig, in directe verbinding met kanaal of de aanwezige meren.

## 4 Inrichting monitoring en meetnet

In dit hoofdstuk is de inrichting van de monitoring en het meetnet weergegeven, zoals die op dit moment is voorzien. Het mag niet worden uitgesloten dat gaande het werk de behoefte zal ontstaan aan uitbreiding of aanpassing van de monitoring en het meetnet.

### 4.1 Grondwaterstanden en –stijghoogten

Via het loket van de BRO (BasisRegistratieOndergrond) is vastgesteld dat in de invloedsgebieden van de bemaling geen relevante peilfilters beschikbaar zijn waarvan gebruik gemaakt kan worden.

Met het oog daarop zijn reeds peilbuizen bijgeplaatst.

Deze peilbuizen worden standaard geplaatst met filters op de volgende dieptes:

- Diepe watervoerende pakket (zandpakket op ca. NAP – 14 a -20 m).
- Tussenzandlaag (zandlaag op ca. NAP – 8 a -9 m).
- Freatisch (landbouwbuis (verwachting gws binnen 1 m onder maaiveld, filter ca. MV-1 tot -2 m).

#### 4.1.1 Invloedsgebied A

Peilbuizen in invloedsgebied A. dienen om de beoogde verlaging ter plaatse van de tunneltoeritmoot vast te stellen.

Voorafgaand aan het onderzoek naar de bemalings maatregel beschreven in [2] zijn vier raaien (A t/m D) van onderzoek locaties met peilbuizen, sonderingen en boringen voorzien zoals weergegeven in bijlage C. Het gaat hierbij om diepe peilbuizen in tussenzandlaag en watervoerende pakket onder de keileemlaag in 2 raaien per toerit. Per raai zijn 4 peilbuizen voorzien. Voor de freatische peilbuizen zijn 2 peilbuislocaties per raai voorzien. Gekozen dient te worden voor 1 peilbuis per zijde en de peilbuislocaties het verst van de bak, omdat daar de bovengrond zeer waarschijnlijk niet vergraven is en dus beter de freatische situatie aangeeft van de oorspronkelijke grondopbouw. Het gaat om de volgende freatische locaties:

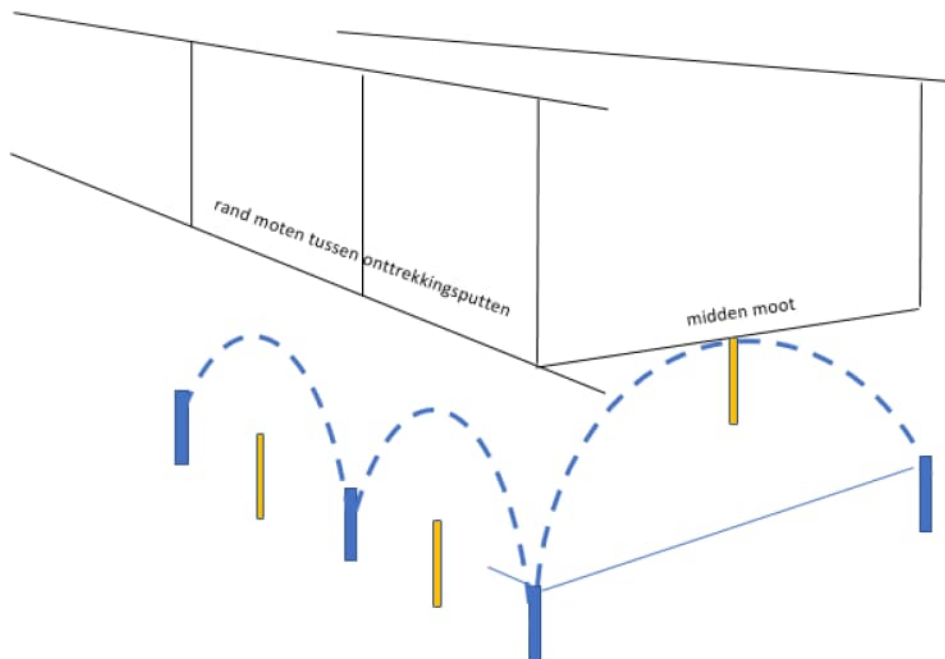
- Raai A: A11 (bij A11 was al freatisch filter, niet noodzakelijk ook bij A12 te plaatsen), A14.
- Raai B: B10, B16.
- Raai C: C02 (andere zijde bij C08 niet nodig omdat locatie E25, zie H4.1.2 beschikbaar is).
- Raai D: D06, D04.

De huidige bemalingsmaatregel maakt het nodig goed inzicht te hebben in de bereikte verlaging ter plaatse van de moten die hersteld zullen worden. Er wordt gewerkt met een bemaling met onttrekkingsputten op ca. elke moot overgang. Hierdoor ontstaat een geleidelijk toenemende verlaging van het meest ondiepe tunneltoeritmoot tot de moot met de pompkelder.

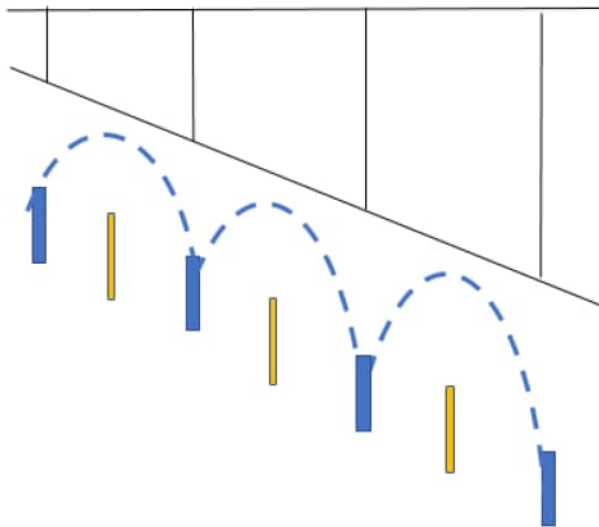
Er zijn zoals hiervoor aangegeven 2 raaien met 4 peilbuizen beschikbaar in de noordwesttoerit en 2 raaien met 4 peilbuizen aan de zuidoosttoerit. De raaien staan resp. 215 en 240 m uit elkaar. Dat houdt in dat er onzekerheid ontstaat in de bereikte verlaging bij de moten die zich niet nabij deze peilbuisraaien bevinden. Voor een goede controle op de bereikte verlaging (veiligheid) en het voorkomen van onnodige conservatieve verlagingen wordt geadviseerd aanvullende peilbuizen beschikbaar te hebben met een filter in de te

bemalen zandlaag en zo nodig in de tussenzandlaag (waarbij ervan uitgegaan wordt dat in de zandlaag onder de tunneltoerit een gelijke stijghoogte aanwezig is).

Daarbij moet rekening gehouden worden met het volgende. De stijghoogte van het grondwater zal nabij de onttrekkingsputten sterk verlaagd zijn. Tussen de onttrekkingsputten is een opbolling aanwezig. In de breedte van de moot (ca. 33 m) is de opbolling groter dan tussen de onttrekkingspunten langs de rand van de moten (afstand ca. 18 m), zie Figuur 11. Idealiter wil je een peilbuis hebben in het midden van de moot om de bereikte verlaging te verifiëren (zie figuur 11) (aanduiding midden moot). Dat is echter niet mogelijk aangezien daarvoor een gat in de vloer van de tunneltoeritmoten nodig is bij de installatie. Derhalve zijn peilbuizen nodig langs de rand van de tunneltoeritmoten. Omdat de onttrekking, en dus de bereikte verlaging, bij elke onttrekkingsput anders zal zijn, vanwege de verlopende diepte van de tunneltoeritmoten (zie Figuur 12), dienen voldoende peilbuizen aanwezig te zijn om de bereikte verlaging bij een toeritmoot, vast te stellen zodat veilig gewerkt kan worden, bijvoorbeeld tussen elke onttrekkingspunt. Een peilfilter in de zandlaag onder de tunnel langs de rand is niet noodzakelijk omdat daar de waterdruk 0 zal zijn (droogbemalen). Plaatsing kan wel worden overwogen indien de aannemer een bevestiging nodig heeft voor de waarde van de waterdruk in die laag. In onderstaande figuren zijn de beoogde locaties voor 2 moten weergegeven als voorbeeld.



*Figuur 11 3D aanzicht - Peilbuizen langs de rand van de tunneltoeritmoten in opbolling tussen onttrekkingsfilters (blauw=onttrekkingsfilter, oranje is peilfilter).*



Figuur 12 Zijaanzicht peilbuizen langs de rand van steeds dieper liggende tunneltoeritmoten met opbolling tussen onttrekkingsfilters (blauw=onttrekkingsfilter, oranje is peilfilter).

Daarom worden peilbuizen geadviseerd bij de volgende moten. Deze kunnen aan één zijde van de moot worden geplaatst, tussen onttrekkingsputten.

Tabel 3 Aanvullende peilbuizen in invloedsgebied A ter verificatie bereikte stijghoogteverlaging door bemaling toert zuid.

Moot	Peilbuis
7	-
8	Raai A al aanwezig
9	nieuw
10	nieuw
11	nieuw
12	nieuw
13	nieuw
14	nieuw
15	nieuw
16	nieuw
17	nieuw
18	nieuw
19	nieuw
20	nieuw
21	Raai B al aanwezig
22	nieuw

Tabel 4 Aanvullende peilbuizen in invloedsgebied A ter verificatie bereikte stijghoogteverlaging door bemaling toerit noord.

moot	Peilbuis
23	Raai C al aanwezig
24	nieuw
25	nieuw
26	nieuw
27	nieuw
28	nieuw
29	nieuw
30	nieuw
31	nieuw
32	nieuw
33	nieuw
34	nieuw
35	Raai D al aanwezig
36	-

Het aantal filters kan worden verminderd als kan worden aangetoond dat de bereikte verlaging met voldoende veiligheid kan worden vastgesteld.

#### 4.1.2 Invloedsgebied B

Deze peilbuizen zijn voor het beoordelen van de verlaging in het gebied waarbij mogelijke invloed op de omgeving wordt voorzien.

Voor invloedsgebied B zijn 9 additionele peilbuizen voorzien waarmee de invloed op de omgeving kan worden waargenomen. Omdat deze locaties al in een eerder stadium zijn vastgesteld vooruitlopend op mogelijke bemalingsmaatregelen zijn deze peilbuizen al geplaatst. Op deze locaties zijn ook een sondering/boring/zakbaak voorzien voor additionele analyses. Het gaat om de locaties E17 t/m E25. In bijlage C zijn deze aangegeven.

#### 4.1.3 Algemeen

In de peilfilters dient een diver te worden geplaatst. Om de natuurlijke dagelijkse variaties en de reactie op een bemaling te kunnen vaststellen wordt een meetfrequentie van 1x per 15 minuten aanbevolen.

Voor de analyse en het real time kunnen volgen van de waarnemingen wordt aanbevolen de metingen te uploaden naar een online database.

## 4.2 Maaiveldzettingen

Buiten invloedsgebied B worden geen noemenswaardige negatieve effecten (gebouwkzakking, bodemdaling, enz) verwacht.

In [2] is aangegeven dat de maaiveldzetting overal beperkt blijven (< 10 mm) en alleen bij locatie E25 (industriegebied) tot hogere zettingen kan leiden.

Voor het vaststellen van maaiveldzakkingen zijn reeds zakkbakken of meetpunten geplaatst nabij de 9 onderzoek locaties E17 t/m E25 in invloedsgebied B, zie bijlage C.

Meetfrequentie 3 x per week in de eerste maand na opstarten bemaling, daarna 1x per week.

### 4.3 Zakkingen bebouwing

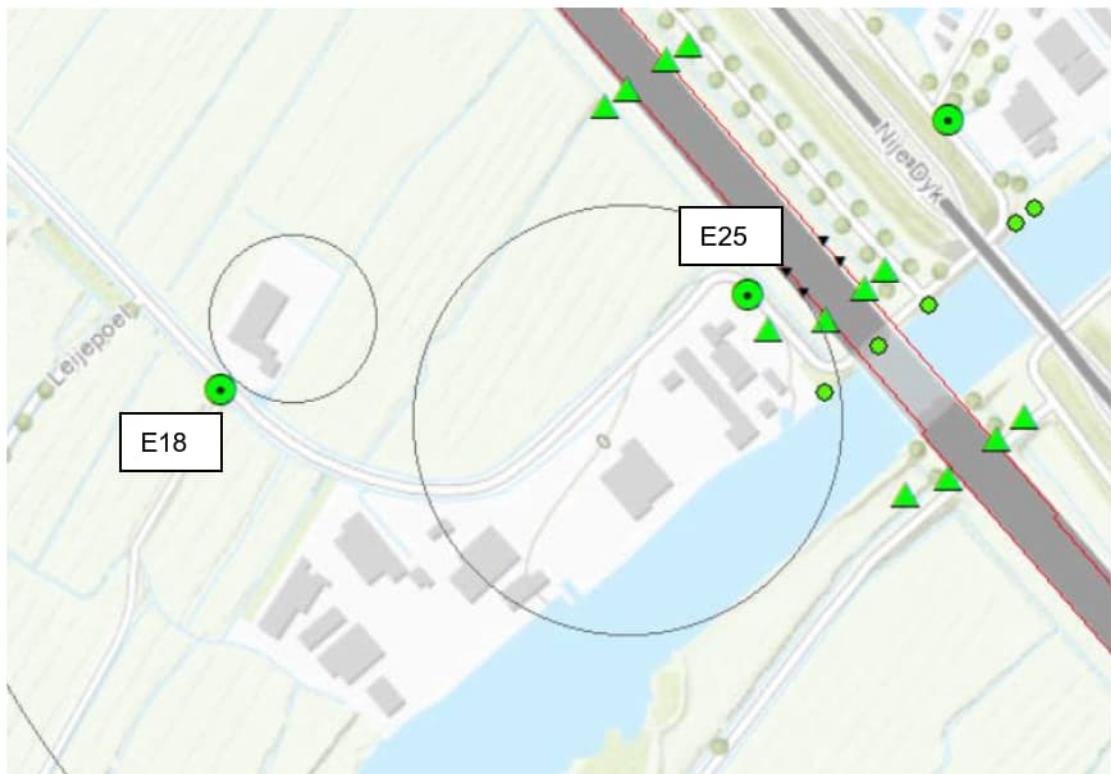
In [1, bijlage 6] is melding gemaakt van bestaande hoogtemerken. Deze zouden nu indien nog actief ook gebruikt kunnen worden. Enkele zijn mogelijk op bebouwing geplaatst. Deze informatie is momenteel nog niet beschikbaar.

[2] geeft aan dat overal waar gebouwen aanwezig zijn de verlaging beperkt blijft tot enkele 10-tallen cm's. Hierdoor wordt geen schade verwacht aan deze huizen.

Met name voor de gebouwen op het bedrijventerrein aan de noordwestzijde van de tunnel (langs het kanaal) kan voor de gebouwen binnen de verlagingcontouren (> 0,5 m) zettingen optreden.

Vooralsnog wordt geadviseerd voor de gebouwen in dit gebied te kiezen voor het plaatsen van hoogtepeilmerken op gebouwen die vallen binnen de contour van 0,25 m verlaging contour. Buiten deze zone wordt geen schade verwacht bij gebouwen. Binnen de genoemde zone kan esthetische, repareerbare, schade optreden [2].

Naast de bouwkundige opnames voor het vaststellen van opgetreden zakkingen/schade worden derhalve hoogtepeilmerken geadviseerd in een specifieke zone om objectief eventuele zakking van gebouwen te kunnen volgen. Dit is ook een goed middel om met bewoners te communiceren. Het gaat vooral om gebouwen die op staal zijn gefundeerd en/of aanbouwen hebben. Deze informatie is momenteel (nog) niet aanwezig. Vooralsnog zijn daarom alle gebouwen geselecteerd binnen de gekozen contourlijn (zie Figuur 13 binnencirkel).



Figuur 13 Cirkelvormige gebieden met advies plaatsen meetbouten op panden t.o.v. invloedsgebied B.



Voor de gebouwen worden 4 meetpunten per pand geadviseerd (2 op gevel dichtstbij rijksweg, 2 op gevel verst van rijksweg) waardoor ook informatie over verschilzakking wordt vastgesteld. Het meetpunt volgt de zakking (Z-richting). Het meetpunt komt op de muur op ca. 1 m van de hoek op de gevels evenwijdig met de tunnel. Horizontale verplaatsing wordt niet verwacht en hoeft niet gevolgd te worden. De adressen met meetpunten zijn weergegeven in Bijlage B.

De meetbouts dienen 1x per week waargenomen te worden (nauwkeurigheidswaterpassing).

Indien uit de bouwtechnische opname volgt dat er kwetsbare bebouwing aanwezig is kan overwogen worden daar desgewenst aanvullende meetbouts geplaatst worden.

#### 4.4 Zakking tunnel

Aanbevolen wordt om eventuele bewegingen van de tunneltoeritmoten en in x-, y- en z-richting te monitoren.

- 1 *De verticale en horizontale ligging en beweging van de oprit en mogelijke ongelijkmatige zettingen:*  
Voor het volgen van verticale en horizontale ligging kunnen per moot vier meetpunten op bovenzijde wand worden aangebracht (twee per wand, steeds nabij de voeg). Geadviseerd wordt dit te doen voor zowel de moten met trekpalen als de moten die op staal (zonder palen) gefundeerd zijn (de moten 1 t/m 4 en 39 t/m 48). Bij start bemaling moet dit elk kwartier gedaan en beoordeeld worden. Als de bemaling werkt en de grondwaterstand niet meer wijzigt, eenmaal per etmaal.
- 2 *Verplaatsing van de vloer:*  
Voor het volgen van de opbolling van de vloer (bijvoorbeeld door verwijderen ballast of reactie op bemaling), is het aan te bevelen ook een meting van de verticale verplaatsing van het midden van de vloer naast de punten op de wanden uit te voeren voor de moten met trekpalen. Bij start bemaling moet dit elk kwartier gedaan en beoordeeld worden. Als de bemaling werkt en de grondwaterstand niet meer wijzigt, kan deze monitoring afgesloten worden.
- 3 *De verlenging van de voegen:*  
De voegwijdte van elke voeg mag niet te veel toenemen. Dit kan worden afgeleid uit de horizontale verplaatsing van de bovenkant van de wanden. Bij start bemaling moet dit voor de voegen tussen de moten met trekpalen elk kwartier gedaan en beoordeeld worden. Als de bemaling werkt en de grondwaterstand niet meer wijzigt, eenmaal per etmaal.

Als de bewegingen minimaal zijn, ligt het voor de hand de meetfrequentie verder te verlagen.

#### 4.5 Zakkingen waterkering

Er is hier geen sprake van een echte dijk, het maaiveld c.q de kade langs het kanaal is ca. 0.8 m hoger dan het beheerpeil. Het beheerpeil van het prinses Margrietkanaal ligt op ca. NAP – 0,35 a – 0,5 m. De risico's betreffen zakking van het maaiveld. Op basis van het AHN [www.ahn.nl] is de kruinhoogte ca. NAP + 0,4 m. Met name de polder aan de noordoostzijde van de tunnel is direct achter de kade lager gelegen op circa NAP -1,20 m.

Om de zakking het maaiveld te kunnen monitoren dient op de kruin van de oever (onder de brug) een zakbaak (of meetpunt) te worden geplaatst ter hoogte van de as van de tunnel en aan weerszijden op ca. 50 m. In Figuur 14 zijn deze weergegeven.

Meetfrequentie 3 x per week in de eerste maand na opstarten bemaling, daarna 1x per week.



Figuur 14 Meetpunten waterkering nabij tunnel.

## 4.6 Zakkingen leidingen

Op basis van de oriënterende zettingsberekening rekening houdend met de historische verlagingslijnen tijdens de bouw van de tunnel zijn zettingen berekend. Voor leidingen zijn alleen de grondlagen onder de leiding van belang. De zetting op de diepte van de leiding is derhalve lager dan de berekende maaiveldzakking.

Zettingen kunnen een risico inhouden wanneer zich in een leidingstrekking starre punten bevinden. Hierbij moet gedacht worden aan:

- Overgangen tussen zinkers en veldstrekkingen.
- Aansluitingen op star ondersteunde constructies.
- Kruisingen met wegen en spoorwegen.
- T-stukken.

Op dit moment is de gasleidingtrace uit Figuur 9 bekend. De gegevens van de gasunie leiding en zinker zijn door Gasunie geleverd. Het betreft een 150 mm stalen leiding (DIN150) uit 1956. De zinker in het kanaal is in 1977 verlegd en is nu een 8 inch leiding.

De stalen leiding is normaal gesproken zo flexibel dat zettingsverschillen van enkele centimeters niet tot schade zullen leiden. Nabij de aansluiting met de zinker is volgens de geleverde tekening geen onderheide constructie aanwezig. De leiding in de zinker ligt wel

dieper en zal daardoor minder zetting ondervinden waardoor over korte afstand een zakkingsverschil kan optreden.

De maaiveldzakkingen rond deze locatie zijn momenteel ingeschat op 0 - 1 cm. Verwacht wordt dat dit geen risico vormt met betrekking tot schade ter plaatse van leidingstrekking en ter plaatse van de aansluiting met de zinker. Het is wel een aandachtspunt, bij onvoldoende werking van de infiltratiedrains/putten. Aanbevolen wordt de zakking van de leiding te monitoren. Een goed alternatief is de zetting op maaiveld te meten. De zetting aan het maaiveld is iets groter dan de zetting van de grondlagen onder de leiding (dus extra reserve). Meetpunten kunnen worden geplaatst nabij de zinker-locatie en ca. 20 m daarvoor waar de leiding de weg parallel aan de Nye Dijk gaat volgen, zie Figuur 15. Hiermee kan een verschilzetting worden gemonitord. Samen met meetpunten E21 en E23 (zie Bijlage C) zijn voldoende meetpunten om de zakking te kunnen volgen. Met de beheerder van de gasleiding kunnen nog nadere afspraken worden gemaakt omtrent de monitoring.

Aanbevolen meetfrequentie 3 x per week in de eerste maand na opstarten bemaling, daarna 1x per week.



*Figuur 15* Overzicht meetpunten gasleiding bij aansluiting op zinker.

Een overzicht van de relevante leidingen nabij de Prinses Margrietunnel (mogelijk nog niet compleet) is in Tabel 5 gegeven. In de onderstaande tabel zijn de gegevens van de meest relevante leidingenbeheerders weergegeven.

Tabel 5: Overzicht relevante leidingen in de omgeving van de Prinses Margriettunnel.

Beheerder	Contactpersoon	telefoon	Omschrijving leiding
Gasunie Friesland/NOP/Oostelijk Flevoland	Aat Glas	06-55816770	buisleiding gevaarlijke inhoud:ERI(2-10) DIN150 / 8"zinker kanaal

Via de timeline optie in Google Earth Pro is te zien dat in 2020 een leiding is aangelegd parallel aan de westzijde van de rijksweg. Het kanaal is gepasseerd door de leiding onder het kanaal aan te leggen via een Horizontal Directional Drilling (HDD) techniek. De leiding zelf is nauwelijks gevoelig voor zakkingsverschillen vanwege de geleidelijke overgang van het deel aangelegd in de sleuf en het deel aangelegd via de HDD-boring. De gegevens van de leiding zijn op dit moment nog onbekend.

## 4.7 Zakkingen overige objecten

Op korte afstand van de Prinses Margriettunnel zijn de volgende overige objecten aanwezig:

- Rijksweg A7.
- De brug Uitwellingerga over het Pr. Margrietkanaal.
- De brug van in A7 en de brug van de Nije Dyk over de Stobberak/De Hoarse.

### Rijksweg A7

Aanbevolen wordt de hoogte meting van de rijksweg uit te voeren 1x per week op een afstand van ca. 10 m(einde overgangsconstructie), 50 m en 100 m van de tunneltoerit. Dit kan met een reguliere hoogtemeting zoals die met een voertuig wordt uitgevoerd.

### Brug Uitwellingerga over Pr. Margrietkanaal.

De zakking van de landhoofden wordt als nihil ingeschat aangezien de fundering zeer waarschijnlijk tot in de diepe zandlaag staat en deze daarom vrijwel ongevoelig is voor zettingen.

De beheerder van de brug is RWS NN. Op de brug lijken meetpunten aanwezig te zijn. Indien dit niet het geval is worden per landhoofd twee (2) meetbouten/-punten geadviseerd ten behoeve van het meten van de hoogte.

Aanbevolen wordt de hoogte meting (nauwkeurigheidswaterpassing) uit te voeren 1x per week.

### Brug A7 over Stobberak/De Hoarse

Deze brug is gelegen op een afstand van ca. 900 m van het hart van de tunnel.

De zakking wordt nihil verwacht en het volgen van de zakking is niet nodig.

## 4.8 Grondwaterkwaliteit

### Kwaliteit bemalingswater:

Direct bij aanvang bemaling dient een monster genomen te worden van het geloosde water en geanalyseerd te worden op een aantal standaardparameters. De bemonsteringsfrequentie en de te bepalen parameters dienen in overleg met de waterbeheerder (Rijkswaterstaat) vastgesteld te worden.

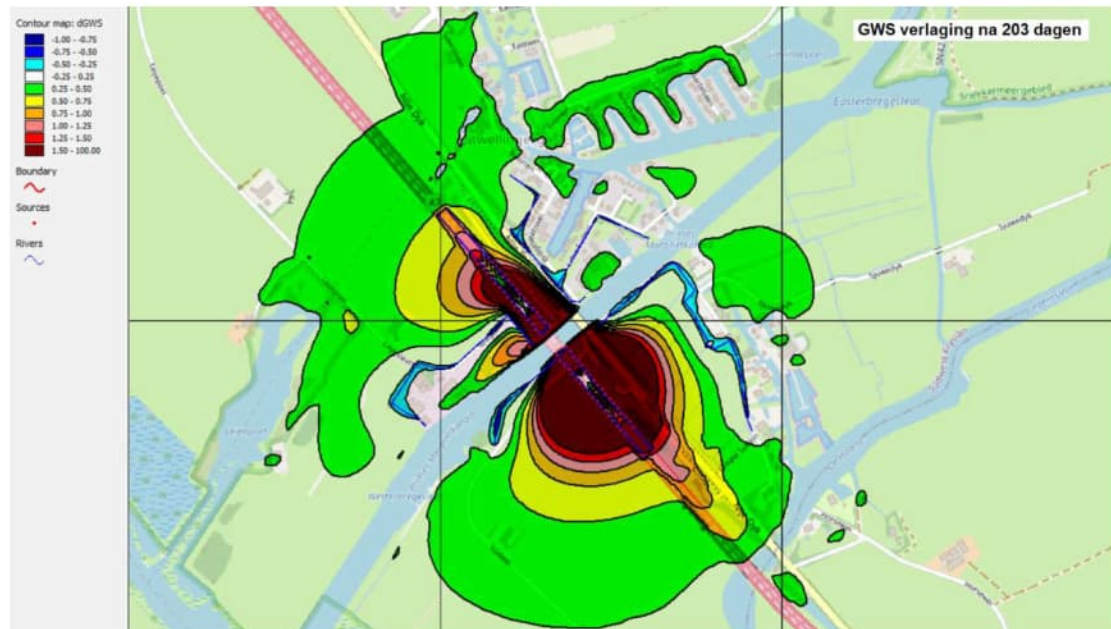
#### Kwaliteit grondwater:

De kwaliteit van het te bemalen grondwater dienen volgens de eisen van de bemalingsvergunning te worden geanalyseerd. Verwezen wordt naar de eisen voor een bemalingsvergunning gedurende de bemalingsperiode.

Daarnaast kunnen er separate andere wensen zijn die volgen uit analyses nodig voor het vaststellen van een goede werking van onttrekkings en retourputten en het oorzaken onderzoek. Dit valt buiten het monitoringsplan.

## 4.9 Agrarische belangen

De invloed naar de omgeving in de deklaag voor de bemaling is berekend volgens de in Figuur 16 aangegeven verlagingscontouren.



Figuur 16 Berekende verlagingscontouren in m bij bemalingsmaatregel scenario 5,

Met de geplande (freatische) peilbuizen en zakbaken kan in voldoende mate de verandering in maaiveldhoogte en freatische grondwaterstand worden gemeten.

## 4.10 Natuurgebieden

De natuurgebieden bevinden zich in het algemeen buiten het invloedsgebied van de bemaling zoals weergegeven in Figuur 16. Mogelijke uitzondering is het natuurgebied De Leienpoel. Op dit moment is onduidelijk wat de kritische factoren zijn van dit natuurgebied. Verondersteld wordt dat het om verdroging gaat. Daarvoor is inzicht in de freatische grondwaterstanden noodzakelijk. Natuurgebied Leienpoel betreft open water, dat in verbinding staat met de Friese meren. Derhalve is het onwaarschijnlijk dat er hier als gevolg van de bemaling substantiële grondwaterstandsveranderingen optreden. Ter plaatse is een nieuw gemaal (2020) aanwezig. Voor zover dit nog niet gedaan wordt, kan tijdens de bemaling het waterpeil worden gemeten. Voor de in overige in Figuur 10 aangegeven Natura2000 gebieden wordt nauwelijks verlagings van de freatische grondwaterstand berekend.

De natuurgebieden liggen derhalve buiten het invloedsgebied zoals aangegeven in H3.1.

De peilbuizen in H4.1 zijn voldoende om vast te kunnen stellen of er sprake is van een verandering van de grondwaterstand. Bij de Leienpoel is een gemaal aanwezig. Ter plaatse kan de waterstand worden gemeten.

#### 4.11 Oppervlaktewater

Het waterpeil in het kanaal wordt beheerd op NAP – 0,5 à -0,4 m. Dit oppervlaktewater staat direct in verbinding met ander binnenwater zoals de binnenhaven van Uitwellingerga en de meren rondom dit gebied.

Het peil in het Pr. Margrietkanaal wordt door RWS beheerd.

Openbare meetpunten van het oppervlaktewater zijn aanwezig nabij de Terhenstersluis (Terherne-west), Sneek, Woudsend en Scharsterbrug.

Vooralsnog wordt niet de noodzaak tot het meten van oppervlaktewater en/of slootpeilen e.d. verwacht.

# 5 Nulmeting en opstart bemaling

## 5.1 Nulmeting

Voor alle meetpunten geldt dat er weinig tijd is tussen plaatsen van de meetpunten en start bemaling. Dat houdt in dat er een achterstand is in het vaststellen van de huidige situatie.

Aanbevolen wordt om direct na plaatsen te starten met de metingen om zoveel mogelijk informatie voorafgaand aan de start van de bemaling te hebben verzameld.

Geadviseerd wordt de initiële meetfrequentie zoals aangegeven bij de diverse onderdelen aan te houden.

Er dient rekening mee gehouden te worden dat hierdoor niet alle informatie rondom de nulsituatie bekend zal worden. Het gaat dan bijvoorbeeld om huidige seizoensinvloeden en reactie op externe gebeurtenissen zoals verbouwingen en dergelijke.

## 5.2 Opstart bemaling

### 5.2.1 Algemeen

De bemalingsmaatregel die als uitgangspunt dient voor het monitoringsplan betreft scenario 5 [2] Belangrijk is om vast te stellen of ter plaatse van het onderzoekpunt ook inderdaad de stijghoogte voldoende is verlaagd.

Dit gaat in eerste instantie voor het verwijderen van de ballast en uit te voeren onderzoek (bijv. doorboren vloer). Daarna volgt nog een periode ten behoeve van herstelwerkzaamheden.

Aanbevolen wordt om voorafgaand aan iedere doorboring van het betondek de waarschijnlijkheid te beoordelen of de stijghoogte voldoende verlaagd is of andere maatregelen indien geen bemaling actief is. Desgewenst moeten daartoe gedurende het werk peilbuizen worden bijgeplaatst, zie H4.1.1). Indien bij toepassing van een bemaling, door uitval van een of meer bemalingsputten, de stijghoogte plotseling bijvoorbeeld enkele meters boven het wegdek niveau stijgt, kan dit leiden tot bezwijken van palen of van de aanhechting tussen paal en betonvloer. Hierdoor kan een lekstroom van grondwater en grond in de tunnel in plaatsvinden met mogelijk het ontstaan van ontgronding (piping) onder de tunnelvloer tot gevolg.

Ballast verwijderen en doorboren van de betonvloer kan pas dan plaatsvinden wanneer voldoende zeker is gesteld dat onder de betreffende moot of ter plaatse van de locatie waar onderzoek of herstel dient plaats te vinden, de stijghoogte voldoende is verlaagd.

Aangezien de bemaling draait op een electriciteitsvoorziening dient een analyse uitgevoerd te worden hoe een betrouwbare bemaling (die ook bij uitval snel de benodigde verlaging kan realiseren) kan worden gerealiseerd. Hierbij dient bijvoorbeeld rekening gehouden te worden met een percentage uitval. Indien dit gebeurt moet de energievoorziening direct kunnen worden overgenomen door een noodstroomvoorziening.

Desondanks zal er bij uitval van de electriciteitsvoorziening sprake zijn van een korte onderbreking van de bemaling. Vastgesteld moet worden of dit tot een ongewenste situatie kan leiden. Dat kan door het uitvoeren van een proef waarin de beschreven situatie wordt gesimuleerd. Indien de stijghoogte te snel stijgt, kan dit leiden tot bezwijken van funderingspalen en water- en grondtransport in de tunnel als gevolg van

pipingsverschijnselen. In dat geval zijn aanvullende maatregelen nodig om deze situatie te voorkomen. Te denken valt aan extra pompen, extra electriciteitsvoorziening e.d.

### 5.2.2 **Activiteiten voorafgaand aan bemaling**

Voorafgaand aan de bemaling dienen de volgende stappen te worden gevolgd:

- Bepalen hoever de waterstand mag worden verlaagd in relatie met de bovenbelasting in de tunnel.
- Schatting maken met welk debiet dat wordt bereikt (*eventueel uitvoeren pompproef*).
- Pompputten aanzetten met gezamenlijk het toegelaten debiet. De pompputten dienen gevoed te worden door twee verschillende aggregaten.
- Gedurende de hele proef de stijghoogte registreren en de x,y,z-metingen van de monitoringpunten in de tunnel.
- Zo nodig schatting aanpassen met welk debiet de gewenste verlaging wordt bereikt (afleiden uit voorgaande pompproef).
- Vervolgens start van de bemaling.
- Ondertussen stijghoogte en x,y,z-metingen registreren (frequentie baseren op resultaat proefbemaling).
- Zodra de gewenste waterstandsverlaging is bereikt, x,y en z-metingen toetsen aan de signaleringswaarden.
- Ballast verwijderen en x,y en z-metingen toetsen aan de signaleringswaarden.
- Vervolgens doorstart van de bemaling.
- Verder uitvoeren monitoring etc.

### 5.3 **Activiteiten tijdens en na instelling van de bemaling**

- Afronden tekeningen en tabellen met overzichten, inrichten database ten behoeve van monitoringsresultaten.
- Instellen signaleringswaarden, grenswaarden.
- Interpretatie van de metingen.



## 6 Conclusies

### 6.1 Opmerkingen

Men moet zich realiseren dat – ondanks de uitgebreide monitoring – desondanks schade in de omgeving kan optreden. In het verleden zijn door zettingen diverse schades aan woningen, huisaansluitingen, wegen en landbouw opgetreden. De monitoring is niet in staat om alle schade te voorkomen. Monitoring is wel een goed middel om zonodig adequate beheersmaatregelen te treffen en het risico op schades te verkleinen. In het geval van van schadeclaims, kan op basis van de monitoringsgegevens de causaliteit vastgesteld worden.

Bij uitvoering van dit monitoringsplan dient men zich te realiseren dat er nog een aantal zaken onbekend zijn:

- Mogelijk volgt nog nieuwe informatie met betrekking tot kwetsbare objecten of nu nog niet geïdentificeerde objecten. Noodzaak en locatie van meetpunten wordt dan nog vastgesteld.
- Er zijn geen gegevens over verontreiniging waar mee rekening gehouden moet worden.
- Er zijn nog geen signalerings- en grenswaarden vastgesteld.

### 6.2 Monitoring

Aanbevolen wordt om een bouwtechnische opname uit te voeren voor alle woningen en bedrijfspanden gelegen binnen de zone waar bij een verlaging van de grondwaterstand in deklaag, of tussenzandlaag, tot 0,25 m is berekend. Het gaat om de gebouwen in het cirkelvormige gebied in Figuur 8.

Na afloop van de werkzaamheden kan dan op basis van deze opname eventueel opgetreden schade beoordeeld worden.

Op dit moment zijn geen andere werkzaamheden voorzien die ook invloed kunnen hebben. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan ontspanning door ontgravingen, trillingen door bouwverkeer/materieel, zettingen/stabiliteit door ophogingen. Deze zijn voor nu buiten de scope gehouden.

In het rapport zijn mogelijke risico's van een bemaling beschouwd en op basis daarvan is de omvang van monitoring vastgesteld.

Monitoring is gepland voor het volgen van:

- Grondwaterstand en stijghoogte verlagingen bij de tunneltoeritten.
- Grondwaterstand en stijghoogte verlagingen in de omgeving middels peilbuizen.
- De zakking van het maaiveld middels zakbaken op dezelfde locaties als de peilbuislocaties in de omgeving.
- De zakking van gebouwen middels meetpunten op gevels.
- De zakking nabij de Gasunie-leiding middels metingen aan maaiveld.
- De zakking van de kruin/maaiveld van de waterkering langs het kanaal middels zakbaken of meetpunten. Objecten zoals de brug over het kanaal kunnen worden gemonitord op basis van daar aanwezige hoogtemerken of nieuw uit te voeren hoogtemeting.

## 7 Referenties

[1]

'Eindrapport van de commissie voor de gevolgen van de wateronttrekking bij de bouw van de tunnel onder het Prinses Margrietkanaal te Uitweilingerga, 1978'

[2]

Bemalingsadvies herstel Prinses Margrietunnel, kenmerk 11209150-005-GE-0004 , maart 2023

# A Schadeverwachting bij gebouwen/objecten

De kans op en de mate van schade aan gebouwen als gevolg van zettingen is afhankelijk van:

- De wijze(n) van funderen van een gebouw.
- De ouderdom en de bouwkundige staat en de mate waarin het gebouw vervormingen kan opnemen; hierbij spelen onder andere de zakkingsnelheid en de soort constructie een rol.
- De maximale zettingsverschillen onder het gebouw en de hierbij optredende hoekverdraaiing van of tussen de funderingselementen.

Zakkingsverschillen treden op door:

- Variatie ondergrond over oppervlak gebouw; voor woningen doorgaans niet maatgevend, alleen in specifieke situaties met grote lokale geotechnische bijzonderheden.
- Variatie van belasting, bijvoorbeeld door gebruik.
- Aanbouwen met andere belasting (grootte of in de tijd, nieuwe belasting) of andere funderingswijze.

Zetting op enige afstand van de belasting treedt bij een woning doorgaans gelijkmatig op. De zakking van het gebouw is dan ook gelijkmatig, dit leidt normaal gesproken niet tot schade.

Schade wordt veroorzaakt door hoekverdraaiingen, doorgaans bepaald door relatieve rotaties of scheefstand.

Voor metselwerk gebouwen kan voor de verticale relatieve rotatie schade classificatie van Boscardin worden uitgegaan. Deze wordt in de meeste literatuur gebruikt als richtlijn voor het voorspellen of beoordelen van schade (bijv. CROW/SBR Handboek Bemaling van bouwputten en sleuven, KCAF Richtlijn Funderingen onder gebouwen-onderzoek en beoordeling funderingen op staal en op houten palen en Handreiking voor het ontwerpen van rivierdijken en CUR162:2022). Metselwerkwanden zijn veel gevoeliger voor schade (scheurvorming) dan houtbouw, betonbouw (betonnen funderingsbalken) of staalbouw (stalen constructie onderdelen).

De maximaal toelaatbare vervormingen of vervormingseisen zijn zeer afhankelijk van de lokale omstandigheden van de in de buurt van de bemaling aanwezige bebouwing. Hoewel de absolute zakking in veel gevallen niet bepalend is voor het optreden van schade, wordt door veel gemeenten hiervoor een conservatieve grenswaarde van 10 mm gehanteerd.

Wel bepalend voor het optreden van schade zijn verschilzakkingen tussen funderingselementen en de snelheid waarmee de zakkingen optreden. Voor de hoekverdraaiing worden meestal maximale waarden van 1: 300 à 1:500 als eis gehanteerd. In tabel 4.3 is het overzicht gegeven van de schadeklassen indeling in relatie met de hoekverdraaiing volgens Boscardin.

Tabel A-6: Schadeklassen indeling gebaseerd op Boscardin, CUR162:2022/Handreiking voor het ontwerpen van rivierdijken.

Schadeklassen 1) / beschrijving volgens Boscardin	Scheefstand	Kenmerken schade
Geen schade (verwaarloosbare tot zeer lichte schade)	<1: 500	Scheuren maximaal 0,1 mm.
Esthetische schade	1: 250 – 1 : 500	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kans op eenvoudig repareerbare schade.</li> <li>• Scheuren maximaal 15 mm.</li> <li>• Matige vervorming van kozijnen</li> <li>• Lekkage.</li> <li>• Gescheurde dienstleidingen.</li> </ul>
Constructieve schade	1:100- 1:250	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kans op grotere repareerbare schade, geen risico voor de bewoners.</li> <li>• Scheuren maximaal 25 mm.</li> <li>• Sterke vervorming van kozijnen.</li> <li>• Merkbaar hellende vloeren (&gt; 1:100).</li> <li>• Scheefstand van muren(&gt; 1:100).</li> <li>• Bolling van muren.</li> <li>• Enkele balken verliezen opleglengte.</li> <li>• Gebroken dienstleidingen.</li> </ul>
Ernstige schade	> 1:100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risico's voor bewoners niet uitgesloten.</li> <li>• Scheuren minimaal 25 mm.</li> <li>• Balken verliezen opleglengte.</li> <li>• Muren moeten worden gestut.</li> <li>• Gebroken ramen.</li> <li>• Gevaar voor instabiliteit / instorting.</li> </ul>

Bij gebouwen bevinden oplegpunten bij funderingen op staal zich doorgaans 5 à 6 m uit elkaar. Een conservatieve inschatting van het zakkingsverschil is 50% van de absolute zakking. Een hoekverdraaiingen van 1:300 levert dan een zakkingsverschil van circa 0,02 m over ca. 5-6 m. De absolute zakking is dan 0,04 m.

De verwachting is dat het zakkingsverschil over een gebouw kleiner is dan 50%, enerzijds omdat de verschillen over de gebouwfmeting niet groot zijn maar ook omdat onder een gebouw de grond al meer belast is en de fundering minimaal 80 cm onder maaiveld bevindt. Een waarde van bijvoorbeeld 25% van de absolute zakking is daarom realistischer. Met deze getalwaarden dient de absolute zakking 0.07 m te zijn.

Kortom bij een absolute maaiveldzakking van ca. 0,07 m wordt voor funderingen op staal en niet kwetsbare gebouwen verwacht dat de schade in de categorie klasse tot esthetische (1:250-1:500) valt.

Kwetsbare gebouwen waar al schade aanwezig is of gebouwen met aanbouwen kunnen wellicht in een hogere klasse uitkomen.

## B Meetpunten op gebouwen

De volgende gebouwen zijn geselecteerd op basis van de contourlijnen van verwachte zettingen voor een bemaling scenario 5.



Adres	Meetpunten	Verwachting zetting	Bouwjaar *
<b>Bregefinne 8 A</b>	2 meetpunten voorgevel 2 meetpunten achtergevel		1995-2005
<b>Bregefinne 10</b>	2 meetpunten voorgevel 2 meetpunten achtergevel		1985-1995
<b>Bregefinne 10 schuur</b>	2 meetpunten voorgevel 2 meetpunten achtergevel		1960-1975
<b>Bregefinne 12</b>	2 meetpunten voorgevel 2 meetpunten achtergevel		1960-1975
<b>Bregefinne 8</b>	2 meetpunten voorgevel 2 meetpunten achtergevel		1985-1995
<b>Bregefinne 6 lange schuur</b>	2 meetpunten voorgevel 2 meetpunten achtergevel		1960-1975
<b>Bregefinne 6</b>	2 meetpunten voorgevel 2 meetpunten achtergevel		1960-1975
<b>Bregefinne bedrijfsgebouw Efko</b>	2 meetpunten voorgevel 2 meetpunten achtergevel		1985-1995

\* Bron: Atlas Leefomgeving ([www.atlasleefomgeving.nl](http://www.atlasleefomgeving.nl)), algemene kaarten – bouwjaar gebouwen.



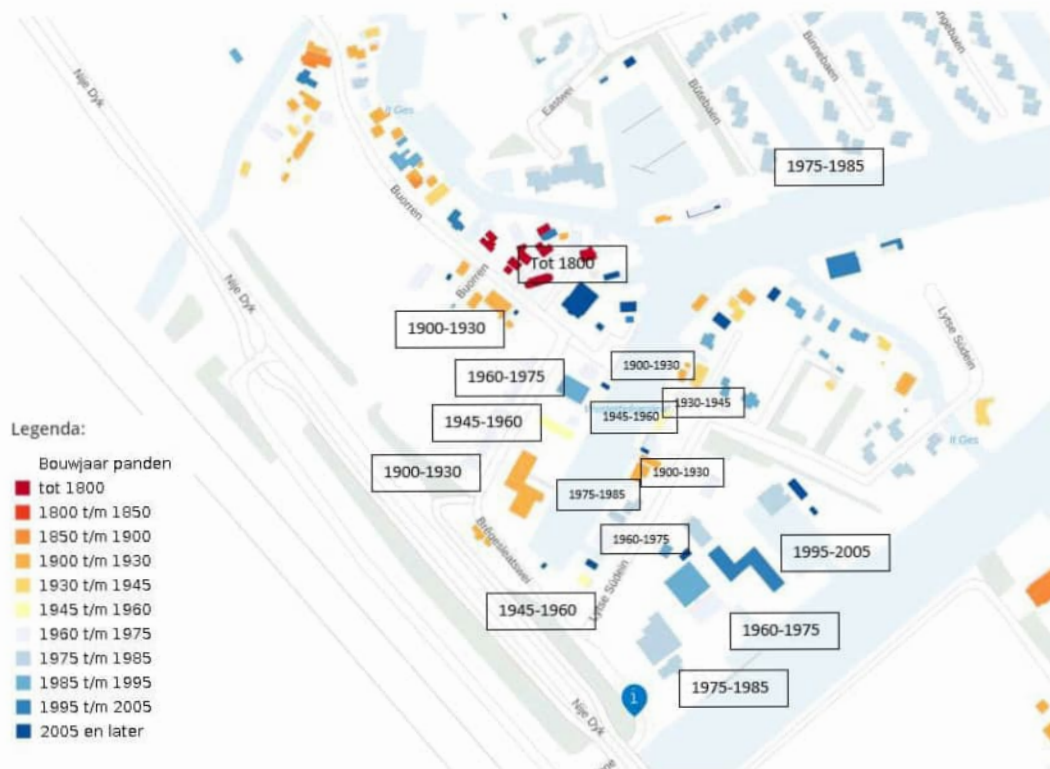
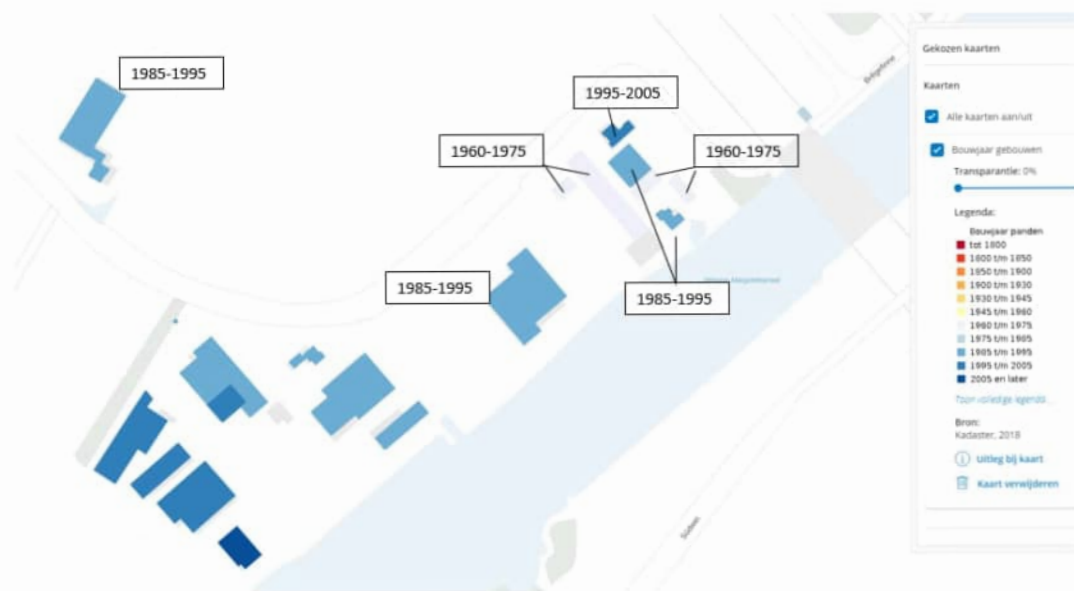
Adres	Meetpunten	Verwachting zetting	Bouwjaar *
<b>Bregefinne 1</b>	2 meetpunten voorgevel 2 meetpunten achtergevel		1985-1995
<b>Bregefinne 4</b>	2 meetpunten voorgevel 2 meetpunten achtergevel		1985-1995
<b>Bregefinne 2</b>	2 meetpunten lange zijgevel 2 meetpunten lange zijgevel		1985-1995



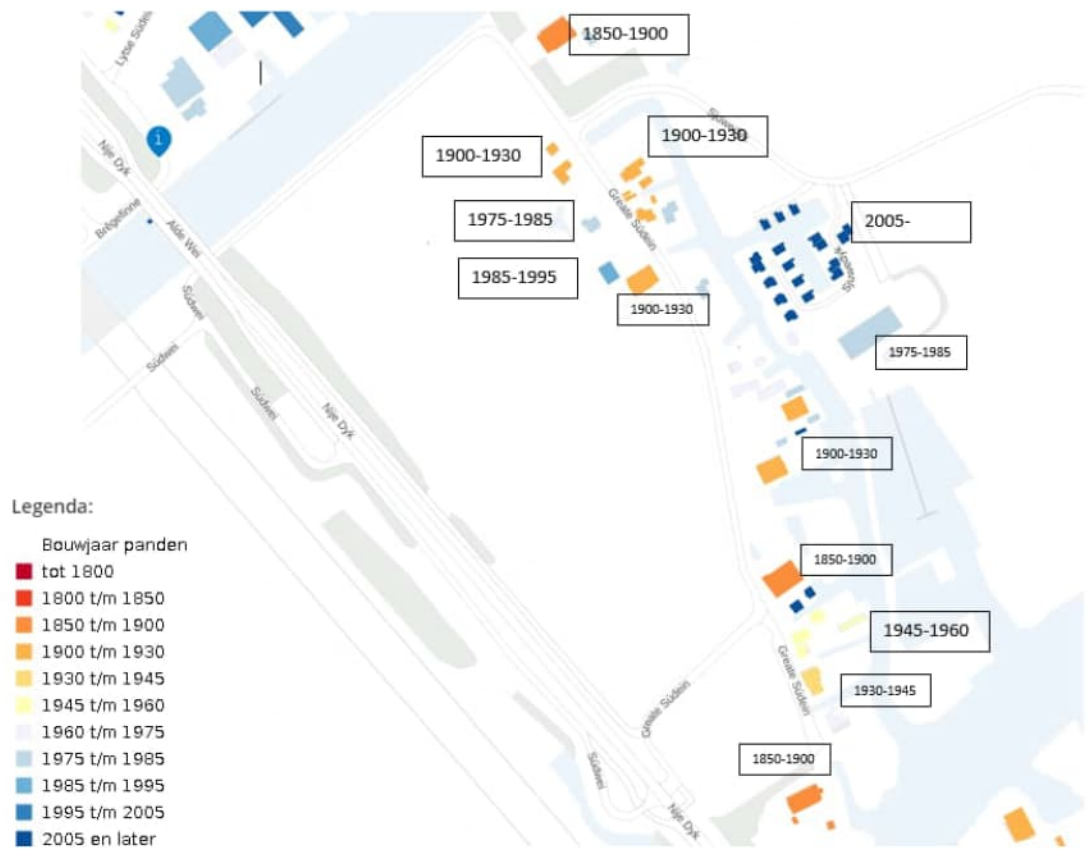
Adres	Meetpunten	Verwachting zetting	Bouwjaar *
<b>Leijepoel 3</b>	2 meetpunten voorgevel (schuur 2). 2 meetpunten achtergevel (straatzijde, huis 1, schuur 1)		1985-1995

# Informatie bouwjaar gebouwen in omgeving (bron: www.atlasleefomgeving.nl):

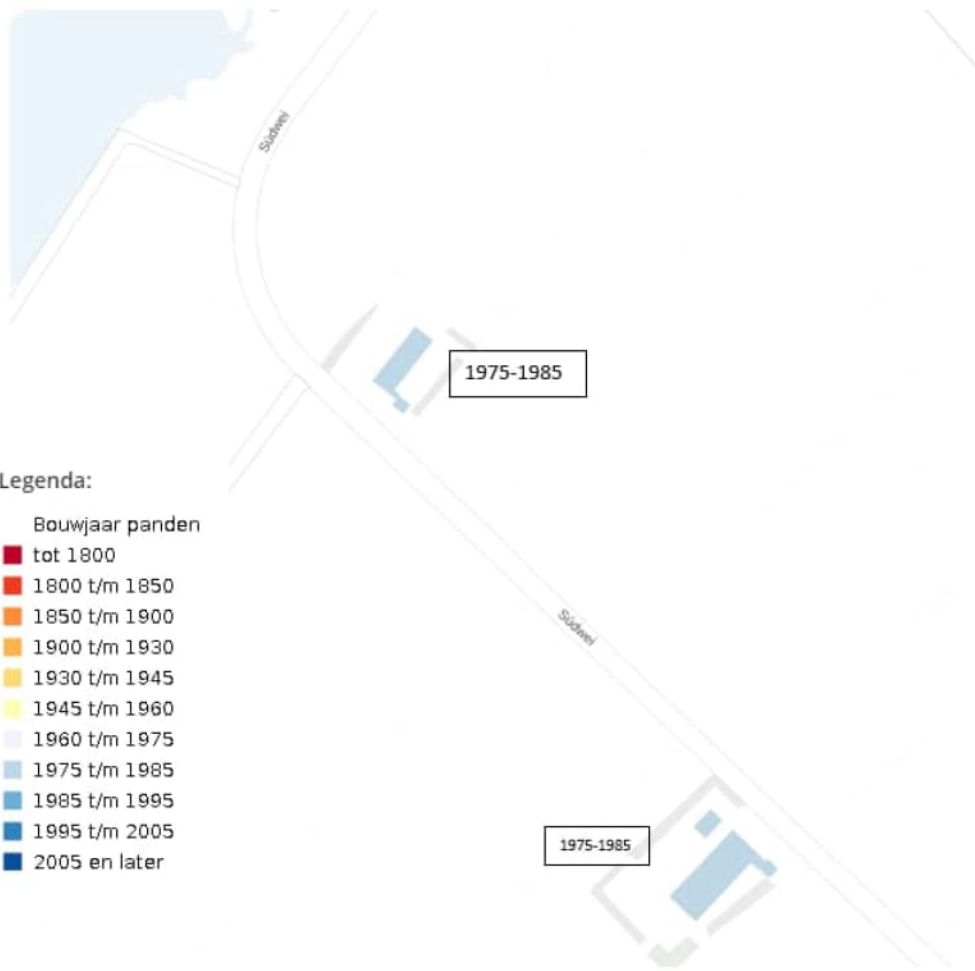
Zuid-west zijde tunnel  
Bron: Atlas Leefomgeving



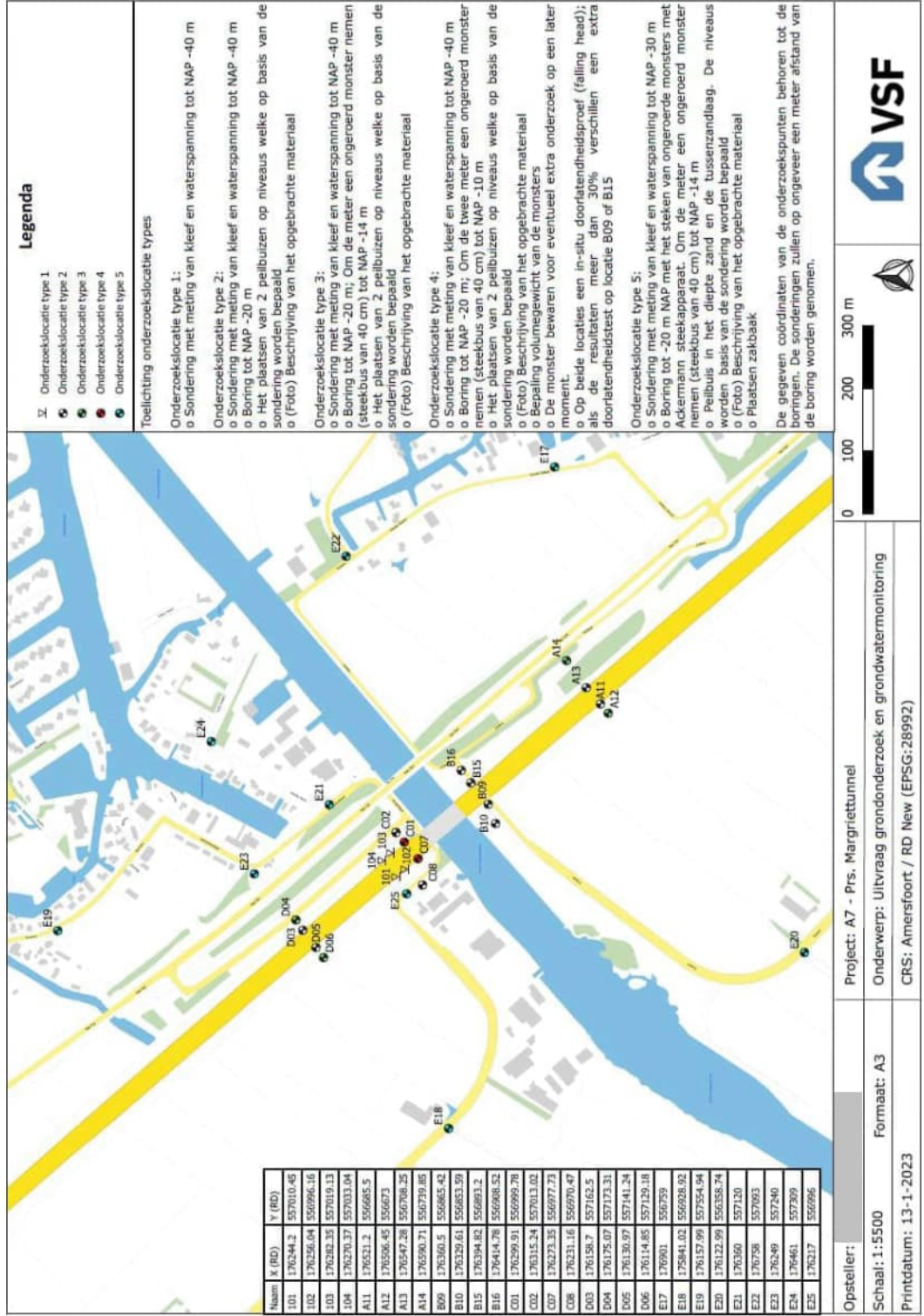




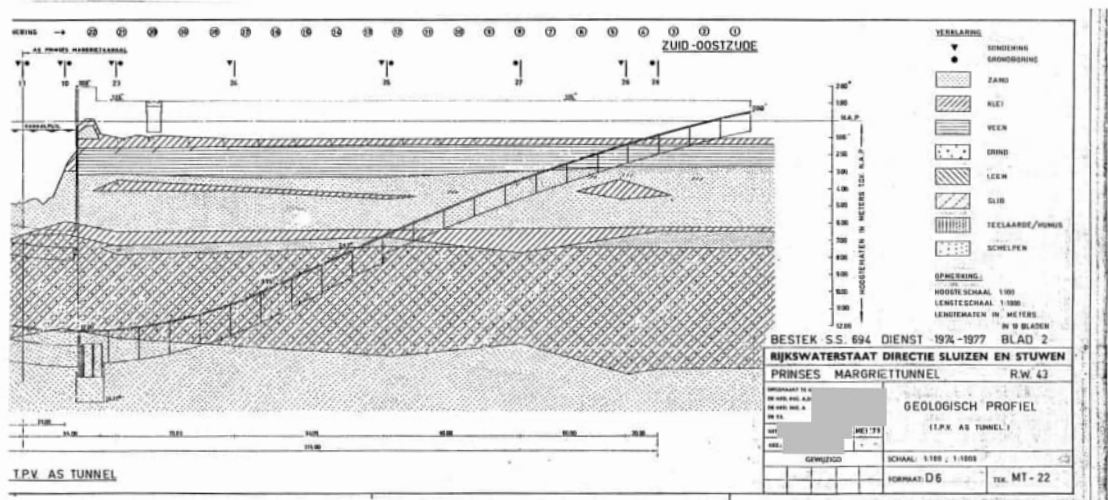
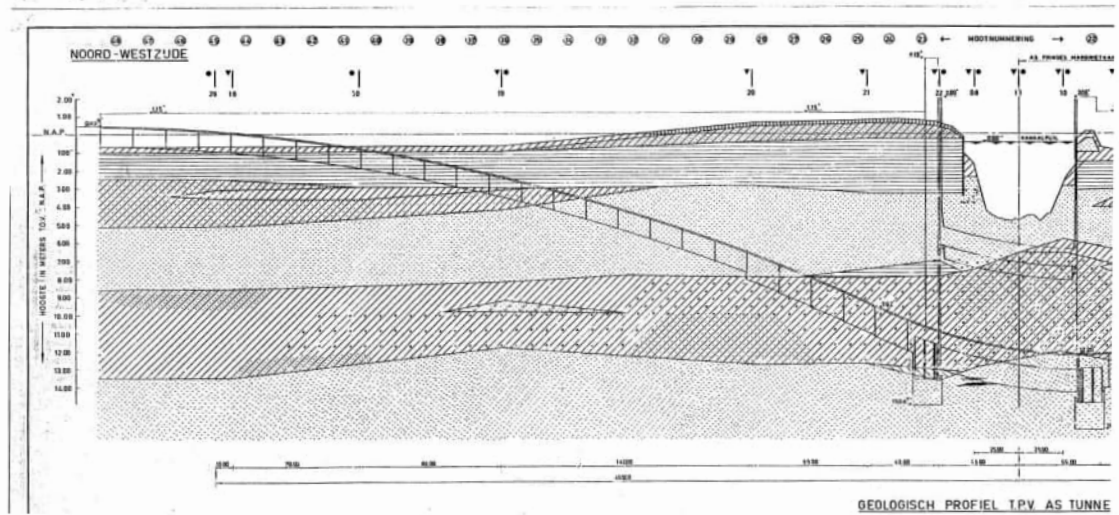
Zuid-west



# C Locaties van peilbuizen nabij geplande onderzoekspunten



# D Ligging tunnel toeritten in ondergrond



Geotechnisch lengteprofiel Prinses Margriettunnel 1973 [1].

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**