
Suikerzijde Groningen

Aan: Gemeente Groningen
Van: Herman Brink / William Wilbrink
Gecontroleerd door: Henk van der Velden
Datum: 11 oktober 2023
Ref no.: 1021-187246-11-M23
Versie: 2.0
Onderwerp: Opbarsten sleuven aanleg riolering Suikerzijde

1. Doel

Het doel van voorliggende memo is om inzicht te krijgen of de bodem van de sleuven die gegraven worden voor de aanleg van de riolering verticaal stabiel zijn. Indien blijkt dat de verticale stabiliteit van de bodem niet te allen tijde is geborgd wordt als mitigerende maatregel een spanningsbemaling toegepast.

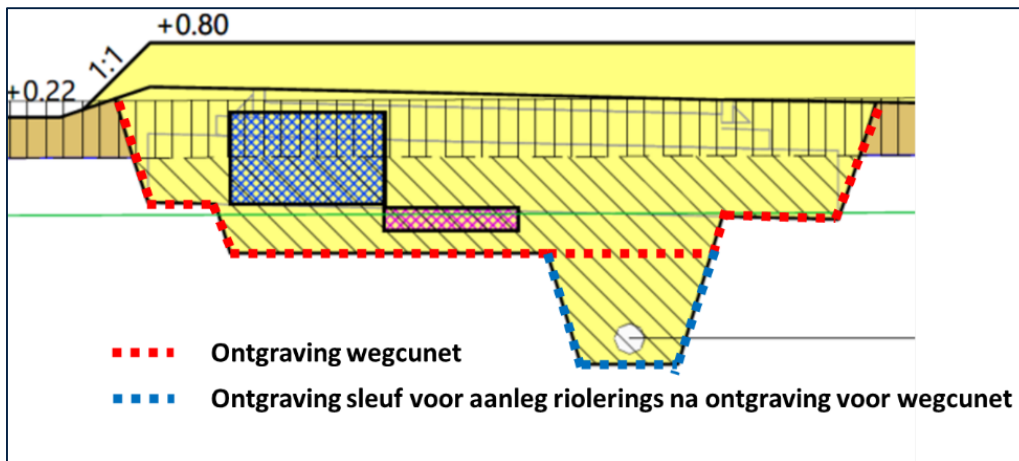
2. Uitgangspunten

In de huidige situatie is de projectlocatie verticaal stabiel. Voor de aanleg van de riolering worden sleuven gegraven. Om in den droge te kunnen werken dient de grondwaterstand te worden verlaagd, waardoor de neerwaartse belasting eveneens afneemt; hierdoor ontstaat er de kans op verticale instabiliteit. De verticale instabiliteit kan zich voordoen als welvorming door de waterremmende laag heen, als het (lokaal) opbarsten van deze laag of als het opdrijven van deze laag. Allen zijn ongewenst.

2.1 Aanlegmethode

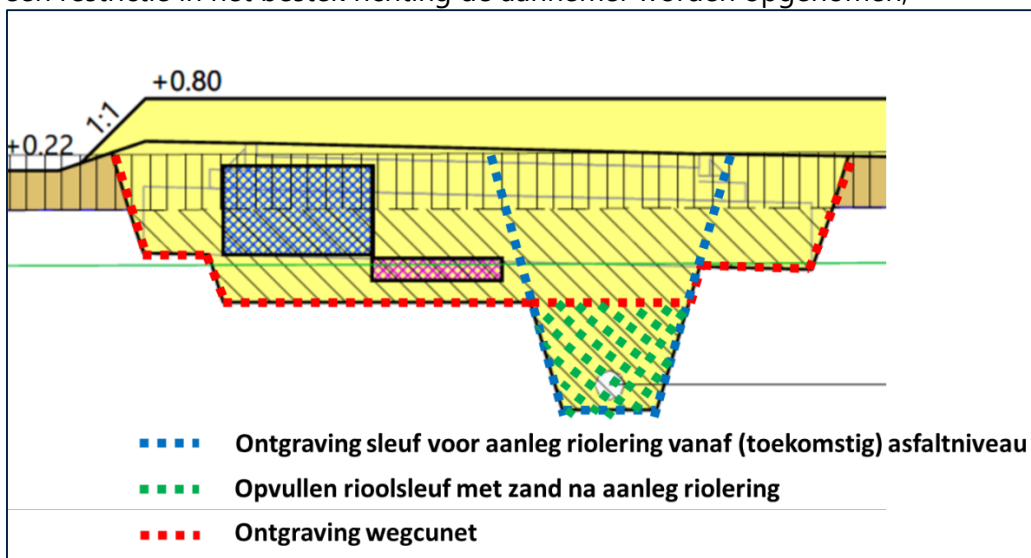
De aanlegmethode van de riolering is als volgt met de gemeente Groningen besproken:

- De riolering wordt aangelegd onder de toekomstige wegen. In principe wordt de rioolsleuf gegraven vanaf de bodem van de ontgraving voor het wegcunet (variant 1), zie figuur 2.1;



Figuur 2.1: Voorkeursvariant 1 aanleg riolering: ontgraving sleuf vanaf onderkant wegcunet.

- Als variant 1 niet voldoet aan het opbarstcriterium wordt eerst de rioolsleuf gegraven vanaf huidig maaiveldniveau en zal de riolering worden aangebracht. Vervolgens wordt het sleuf gedeelte aangevuld met zand tot onderkant wegcunetniveau waarna vervolgens het profiel voor het wegcunet wordt ontgraven en aangevuld/opgehoogd met zand tot toekomstig asfaltniveau. Deze aanlegmethode wordt variant 2 genoemd. De rioolsleuf wordt dus eerst vanaf huidig maaiveldniveau ontgraven i.p.v. vanaf onderkant wegcunetniveau waardoor er meer sprake is van een positief effect door taludwerking, zie figuur 2.2. Indien variant 2 van toepassing is zal dit als een restrictie in het bestek richting de aannemer worden opgenomen;



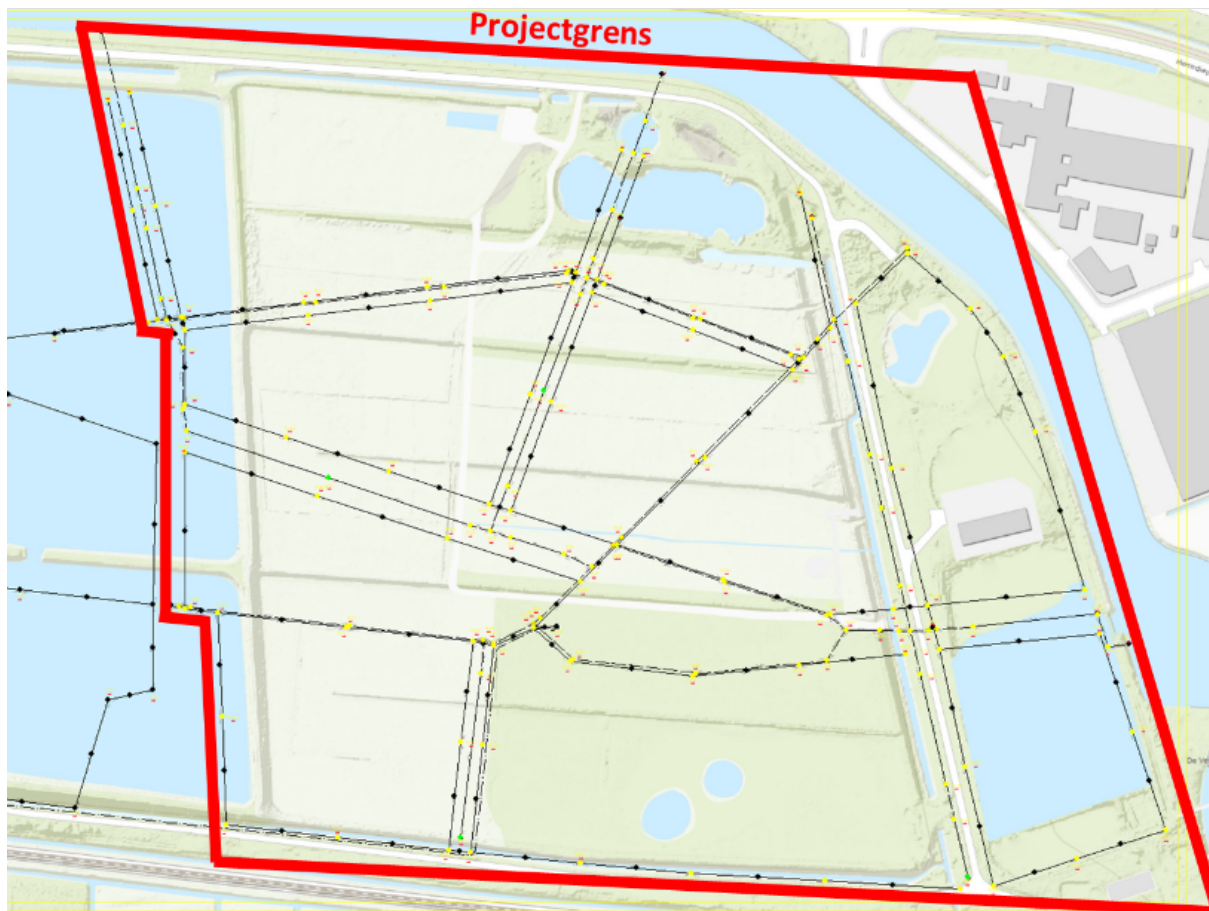
Figuur 2.2: Aanlegvariant 2 riolering indien voorkeursvariant opbarstcriterium wordt berekend: ontgraving sleuf vanaf huidig maaiveldniveau → aanleg riolering → aanbrengen zand in rioolsleuf tot en met onderkant wegcunetniveau → ontgraving voor wegcunet.

- Als variant 2 ook niet voldoet aan het opbarstcriterium zal de rioolsleuf vanaf de bodem van de ontgraving voor het wegcunet worden gegraven inclusief spanningsbemaling voor de verlaging van de stijghoogte. Indien dit het geval is zal dit zonder uitvoeringsbeperking (de aanlegvolgorde van de ontgraving) in het bestek richting de aannemer worden opgenomen.

Voor het beoordelen van de verticale stabiliteit zijn er verschillende factoren van belang: de ontgravingsdieptes en bijbehorende taluds, het opbarstniveau, de maatgevende stijghoogte en het gewicht van de bovenliggende (grond)lagen.

2.2 Ontgravingsdieptes riolering en opbarstniveau

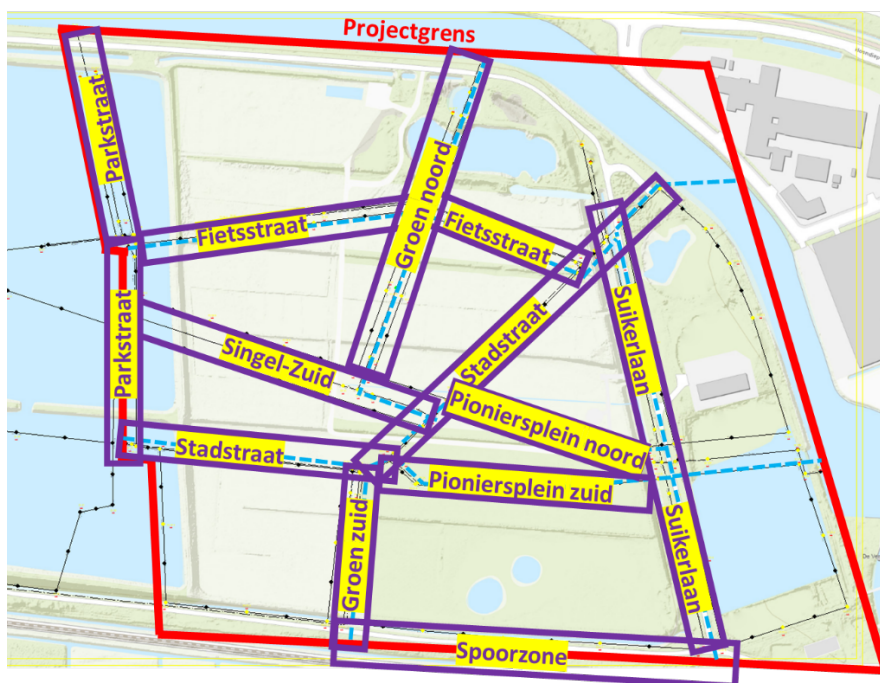
Voor de ontgravingsdieptes van de aan te leggen riolering is door de gemeente Groningen een tekening aangeleverd [Riolering_20230724]. Op de tekening is binnen het rode kader de locatie van de riolering voor het projectgebied aangegeven, zie figuur 2.3.



Figuur 2.3: Aan te leggen riolering Suikerzijde, het rode kader is de projectgrens voor deze analyse.

Omdat het ontgravingsniveau voor de riolering varieert over het terrein, is het gebied onderverdeeld in deelgebieden per straat, zie figuur 2.4. De ontgravingsniveaus van de riolering zijn afgeleid van de aangeleverde dwarsdoorsnede tekeningen [46-2023-SI02-C03-11065233-tfa Voorbelasting-AL01 t/m AL12]. Per straat zijn er meerdere dwarsdoorsnedes beschikbaar; het aantal dwarsdoorsnedes per straat is weergegeven in tabel 2.1. De maatgevende situatie per straat is geselecteerd: het laagste ontgravingsniveau (maximale ontgravingsdiepte) voor de aanleg van de riolering en het ontgravings-/aanlegniveau voor het wegcunet. In de meeste gevallen ligt de riolering lager dan het diepste punt van het wegcunet. Voor enkele dwarsdoorsnedes is dit niet het geval, zodoende is in tabel 2.1 in sommige gevallen het ontgravings-/aanlegniveau voor het wegcunet lager dan voor de ontgraving voor de riolering. In dit geval is het niveau van onderzijde wegcunet maatgevend in de stabiliteitsberekeningen. Verder zijn ook de maximale- en minimale opbarstniveaus per deelgebied in tabel 2.1. weergegeven.

In bijlage A zijn de overzichtstekeningen en de bijbehorende dwarsdoorsnedes per deelgebied (straat) weergegeven.



Figuur 2.4: Aanleg riolering ingedeeld in deelgebieden: per straat.

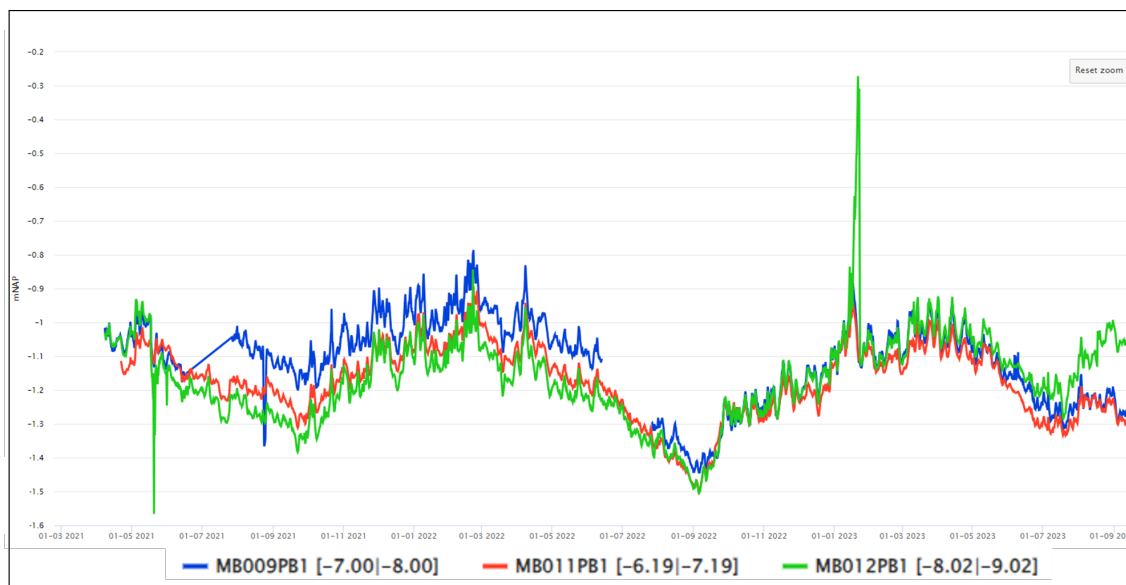
In de analyse is ter bepaling van het opbarstniveau gebruik gemaakt van de geïnterpoleerde bodemopbouw uit het 3D-ondergrondmodel. Uit dit model is de dikte van de verschillende bodemlagen en het niveau van de lagen (in m NAP) gehaald. Op deze manier is de bovenkant van de Pleistocene zandlaag (=opbarstniveau) bepaald; dit is een interpolatie op basis van het uitgevoerde grondonderzoek. Het maximale opbarstniveau is maatgevend en zodoende toegepast in de opbarstberekeningen.

Tabel 2.1: Maximaal en minimaal ontgravingsniveau's riolering en wegcunet Suikerzijde.

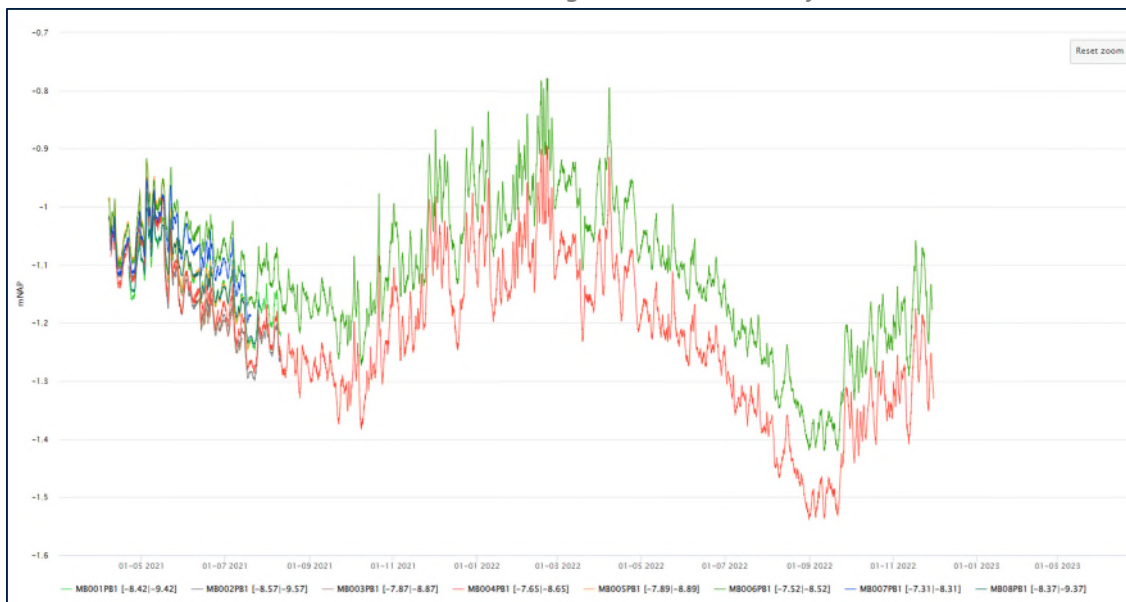
Deelgebied aanleg riolering	Aantal dwars- doorsnedes [-]	Maximaal ontgravingsniveau riolering [m NAP]	Maximaal ontgravings- / aanlegniveau wegcunet [m NAP]	Maximaal opbarstniveau [m NAP]	Minimaal opbarstniveau [m NAP]
1. Spoorzone	7	-2,25	-1,80	-4,9	-5,4
2. Stadstraat	8	-2,45	-1,50	-4,9	-5,9
3. Suikerlaan	5	-2,10	-1,25	-5,3	-5,9
4. Fietsstraat	6	-1,95	-2,35	-5,3	-5,9
5. Parkstraat	3	-2,05	-2,20	-4,9	-5,6
6. Singel-Zuid	4	-2,25	-1,00	-5,0	-5,7
7. Groen-Zuid	2	-2,40	-1,15	-4,9	-5,6
8. Groen-Noord	3	-2,05	-1,05	-5,6	-6,0
9. Pioniersplein- Zuid	2	-3,25	-1,45	-5,5	-5,8
10. Pioniersplein- Noord	3	-3,15	-1,45	-5,6	-5,8

2.3 Stijghoogte

In Suikerzijde wordt de stijghoogte in het Pleistoceen gemeten sinds 2021. Er zijn meetreeksen beschikbaar van peilbuizen die momenteel nog worden gemeten en peilbuizen die niet meer worden gemeten. De stijghoogtemeetreeksen van de actief bemeten peilbuizen zijn weergegeven in figuur 2.5, en de stijghoogtereeksen van de inactieve peilbuizen in figuur 2.6.



Figuur 2.5: Stijghoogtemetingen peilbuizen actief mei 2021 t/m heden [m NAP]. De groene piek van MB012PB1 in januari 2023 betreft een meetfout en is zodoende niet meegenomen in deze analyse.



Figuur 2.6: Stijghoogtemetingen peilbuizen actief mei 2021 t/m december 2022 [m NAP].

Op basis van de metingen betreft de hoogst gemeten stijghoogte ca. NAP -0,8 m. De stijghoogte is in grote delen van het jaar lager dan NAP -1,0 m. De laagste stijghoogte ligt op ca. NAP -1,5 m.

De stijghoogte zorgt voor een waterdruk vanuit het watervoerend pakket tegen de Holocene lagen (veen en klei) aan. De waterdruk neemt in de diepte toe. Waar de bovenkant van de Pleistocene laag hoog ligt is de waterdruk lager, echter zijn de bovenliggende lagen vaak dunner waardoor het neerwaarts gewicht ook kleiner is. Op de waterdruk vanuit het watervoerende pakket zijn geen veiligheidsfactoren van toepassing. De hoogste gemeten stijghoogte wordt aangehouden als de maatgevend hoge stijghoogte in de stabiliteitsberekeningen (NAP -0,8 m).

2.4 Neerwaarts gewicht bodemlagen

In de stabiliteitsberekeningen is voor veen een soortelijk gewicht van $11,0 \text{ kN/m}^3$ aangehouden, voor klei en tarra bedraagt het soortelijke gewicht $14,5 \text{ kN/m}^3$. Voor het zand dat wordt toegepast in het wegcunet wordt een soortelijk gewicht aangehouden van $18,0 \text{ kN/m}^3$. Op het neerwaarts gewicht van de grondlagen is een veiligheidsfactor van 0,9 aangehouden, conform NEN 9997-1, om rekening te houden met onzekerheden in dit neerwaartse gewicht. Doordat de ontgravingen voor de riolering (relatief) smal zijn, zorgt taludwerking voor (significant) extra neerwaartse belasting. De sleuven hebben een bodembreedte van ca. 0,8 m en een steil talud van ca. 1 (verticaal): 0,5 (horizontaal). Opgemerkt wordt dat Fugro de stabiliteit van deze steile taluds niet geverifieerd heeft.

3. Berekeningen

Het risico op verticale instabiliteit is met behulp van een analyse globaal bepaald. De opbarstveiligheid is berekend voor de maatgevend hoge stijghoogte NAP -0,8 m. Een opbarstveiligheid van ≥ 1 betekent dat de bodem verticaal stabiel is, een opbarstveiligheid van < 1 betekent dat de bodem verticaal niet stabiel is. Er zijn twee typen stabiliteitsberekeningen uitgevoerd:

- Opbarstveiligheid bij ontgraving sleuf riolering vanaf bodem wegcunet (variant 1, zie paragraaf 2.1);
- Opbarstveiligheid bij ontgraving sleuf vanaf huidig maaiveldniveau (variant 2, zie paragraaf 2.1).

Allereerst is onderzocht wat de opbarstveiligheid is voor de dwarsdoorsnede met de diepste ontgravingsniveaus voor de verschillende deelgebieden. In het geval dat de maatgevende dwarsdoorsnede (diepste) niet voldoet aan het opbarstcriteria, zijn vervolgens alle dwarsdoorsnedes van het betreffende deelgebied geanalyseerd. Zodoende is in tabel 3.1 voor de deelgebieden waar geen opbarst risico voor het diepste ontgravingsniveau is berekend slechts 1 resultaat weergegeven en voor de deelgebieden waar het diepste dwarsdoorsnede niet voldoet zijn de resultaten van alle dwarsdoorsnedes weergegeven.

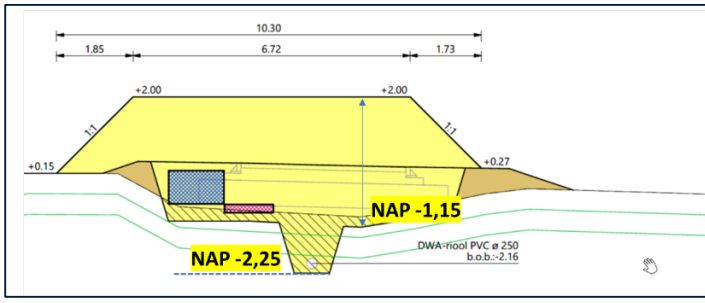
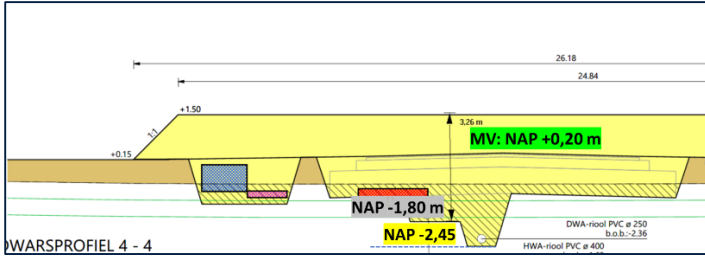
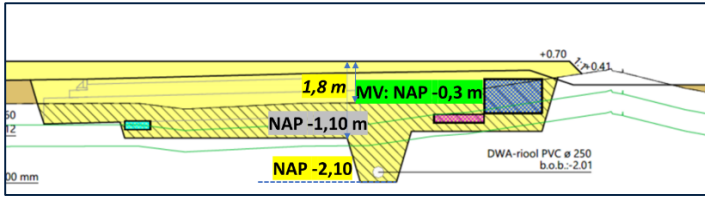
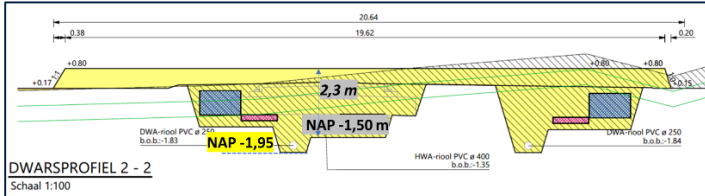
Voor de deelgebieden waar voor voorkeursvariant 1 een opbarst risico is berekend, zal hiervoor aanlegvariant 2 (ontgraving sleuf vanaf huidig maaiveldniveau) worden onderzocht, zie paragraaf 3.2.

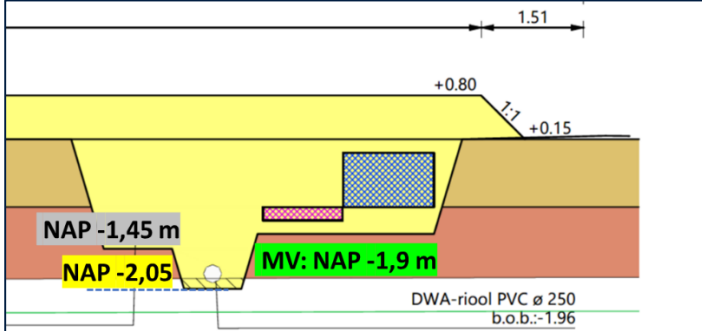
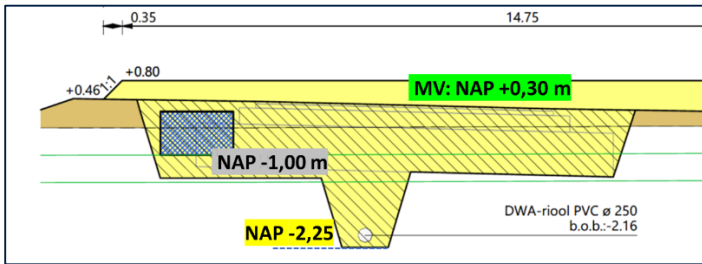
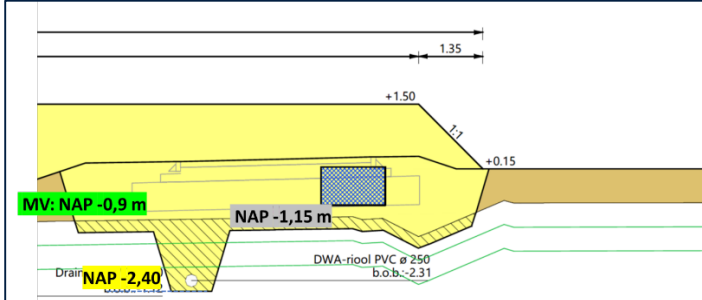
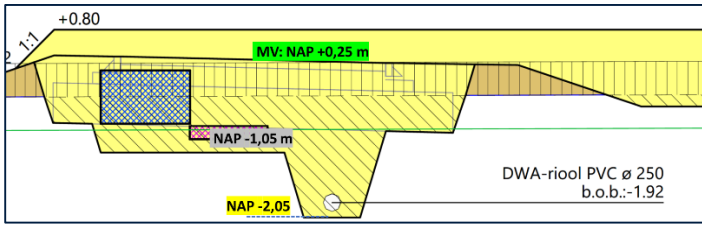
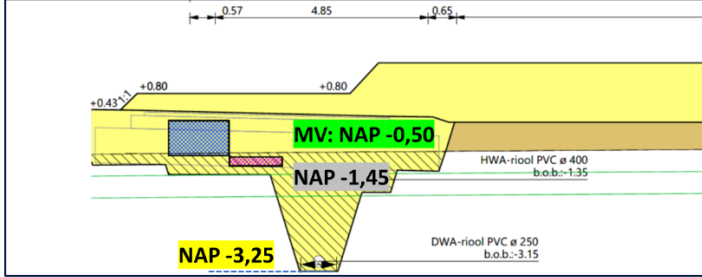
De resultaten zijn beschreven in paragraaf 3.1 voor de voorkeursvariant ontgraving vanaf bodem wegcunet en in paragraaf 3.2 de optie ontgraving vanaf het huidig maaiveldniveau.

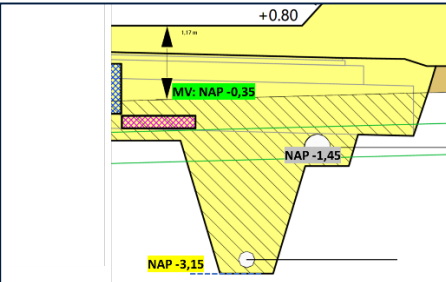
3.1 Opbarstveiligheid bij ontgraving sleuf riolering vanaf bodem wegcunet

De opbarstveiligheden voor de dwarsdoorsneden met het diepste ontgravingsniveau per deelgebied is weergegeven in het tabel 3.1.

Tabel 3.1: Opbarst risico bij maximaal ontgravingsniveau voor riolering bij ontgraving vanaf bodem wegcunet bij maximale stijghoogte NAP -0,8 m.

Straat	Maatgevende dwarsdoorsnede ontgraving sleuf riolering	Opbarst risico bij maximaal ontgravingsniveau sleuf riolering
1. Spoorzone		D2-2: 1,01
2. Stadstraat	 DWARSPROFIEL 4 - 4	D4-4: 0,88 Resultaten overige dwarsdoorsneden Stadstraat: D1-1: 0,99 D2-2: 0,99 D3-3: 0,99 D5-5: 0,95 D6-6: 0,95 D-7-7: 0,97 D8-8: 1,02
3. Suikerlaan		D2-2: 1,08
4. Fietsstraat	 DWARSPROFIEL 2 - 2 Schaal 1:100	D2-2: 1,02

Straat	Maatgevende dwarsdoorsnede ontgraving sleuf riolering	Opbarstrisco bij maximaal ontgravingsniveau sleuf riolering
5. Parkstraat		D2-2: 0,95 Resultaten overige dwarsdoorsnedes Parkstraat: D1-1: 0,91 D3-3: 0,85 D4-4: 0,91
6. Singel-Zuid		D3-3: 1,07
7. Groen-Zuid		D1-1: 0,97 D2-2: 0,98
8. Groen-Noord		D1-1: 1,11
9. Pioniersplein-Zuid		D1-1: 0,87 D2-2: 0,99

Straat	Maatgevende dwarsdoorsnede ontgraving sleuf riolering	Opbarstrisico bij maximaal ontgravingsniveau sleuf riolering
10. Pioniersplein- Noord		D1-1: 0,91 D-2-2: 0,91 D3-3: 1,15

Op basis van bovenstaande berekeningen is in tabel 3.2 samengevat welke dwarsdoorsnedes van de deelgebieden/straten voldoen aan het opbarstrisico voor voorkeursvariant 1.

Tabel 3.2: Overzicht van hoeveel dwarsdoorsnedes voor deelgebieden (straten) die wel/niet voldoen aan het opbarstcriterium.

Deelgebied aanleg riolering	Aantal dwarsdoorsnedes die voldoen aan opbarstrisico voorkeursvariant 1	Aantal dwarsdoorsnedes die niet voldoen aan opbarstrisico voorkeursvariant 1
1. Spoorzone	7/7	0/7
2. Suikerlaan	5/5	0/5
3. Stadstraat	1/8 (Dwarsdoorsnede 8-8)	7/8
4. Fietsstraat	6/6	0/6
5. Parkstraat	0/4	4/4
6. Singel-Zuid	4/4	0/4
7. Groen-Zuid	0/2	2/2
8. Groen-Noord	3/3	0/3
9. Pioniersplein-Zuid	0/2	2/2 (Dwarsdoorsnede 1-1 & 2-2)
10. Pioniersplein- Noord	1/3 (Dwarsdoorsnede 3-3)	2/3 (Dwarsdoorsnede 1-1 & 2-2)

3.2 Opbarstveiligheid bij ontgraving sleuf riolering vanaf huidig maaiveldniveau

Voor de deelgebieden (straten) waar vvb cv bf retr cvoor de maatgevende dwarsdoorsnede een opbarstrisico berekend is bij aanlegvariant 1 (ontgraving sleuf riolering vanuit bodem wegcunet) is onderzocht wat het opbarstrisico is voor een ontgraving van de sleuf voor de riolering vanaf huidig maaiveldniveau, zie tabel 3.4.

Tabel 3.3: Opbarstrisico bij maximaal ontgravingsniveau voor riolering bij ontgraving vanaf huidig maaiveldniveau bij maximale stijghoogte NAP -0,8 m.

Straat	Niveau huidige maaiveld	Opbarstrisico diepste deel rioleringsleuf ten opzichte huidig maaiveldniveau
Stadstraat	-0,6	1,08
Parkstraat	+0,15*	1,36
Groen-Zuid	-0,90	1,02

Straat	Niveau huidige maaiveld	Opbarstrisico diepste deel rioleringsleuf ten opzichte huidige maaiveldniveau
Pioniersplein-Zuid	-0,50	1,00
Pioniersplein-Noord	+0,30	1,04
* Voor deze locatie zal eerst het vloeiveld worden opgevuld/opgehoogd met zand dus hier is niet gerekend met het huidige maaiveldniveau maar niveau bovenkant zand na opvullen van het vloeiveld.		

Op basis van bovenstaande resultaten kan worden geconcludeerd dat de dwarsdoorsneden die niet voldoen aan het opbarstrisico voor aanlegvariant 1 wel allemaal (net) voldoen aan het opbarstcriterium voor aanlegvariant 2: ontgraving van de rioolsleuf vanaf huidige maaiveldniveau, waarbij na aanleg van de riolering de sleuf opgevuld wordt met zand waarna er ontgraven zal worden voor het wegcunet. Voor het aanbrengen van de riolering ter plaatse van het Pioniersplein-Zuid is het van belang dat de ontgraving niet dieper, breder of met een ander talud wordt uitgevoerd dan op tekening aangegeven, omdat er dan mogelijk opbarsten zou kunnen gaan optreden. Opgemerkt wordt dat er ook nog enige marge ingebouwd is met conservatieve uitgangspunten voor de stijghoogte en een veiligheidsfactor over de volumieke gewichten van de bodem.

4. Advies

In deze memo zijn de resultaten van de opbarstberekeningen gepresenteerd voor de ontgravingen voor de aanleg van de riolering. Doel van de analyse is om inzicht te verkrijgen of de bodem van de sleuven die gegraven worden voor de aanleg van riolering verticaal stabiel zijn. Uit de berekeningen volgt dat een deel van het gebied aangelegd kan worden volgens de voorkeursvariant 1, namelijk de straten Spoorzone, Suikerlaan, Fietsstraat, Singel-Zuid, Groen-Noord, zie figuur 4.1 (groene deelgebieden).

Tabel 4.1: Deelgebieden/straten die aangelegd kunnen worden volgens voorkeursvariant 1

Deelgebieden/straten die aangelegd kunnen worden volgens voorkeursvariant 1 zonder berekend opbarstrisico
Spoorzone
Suikerlaan
Fietsstraat
Singel-Zuid
Groen-Noord

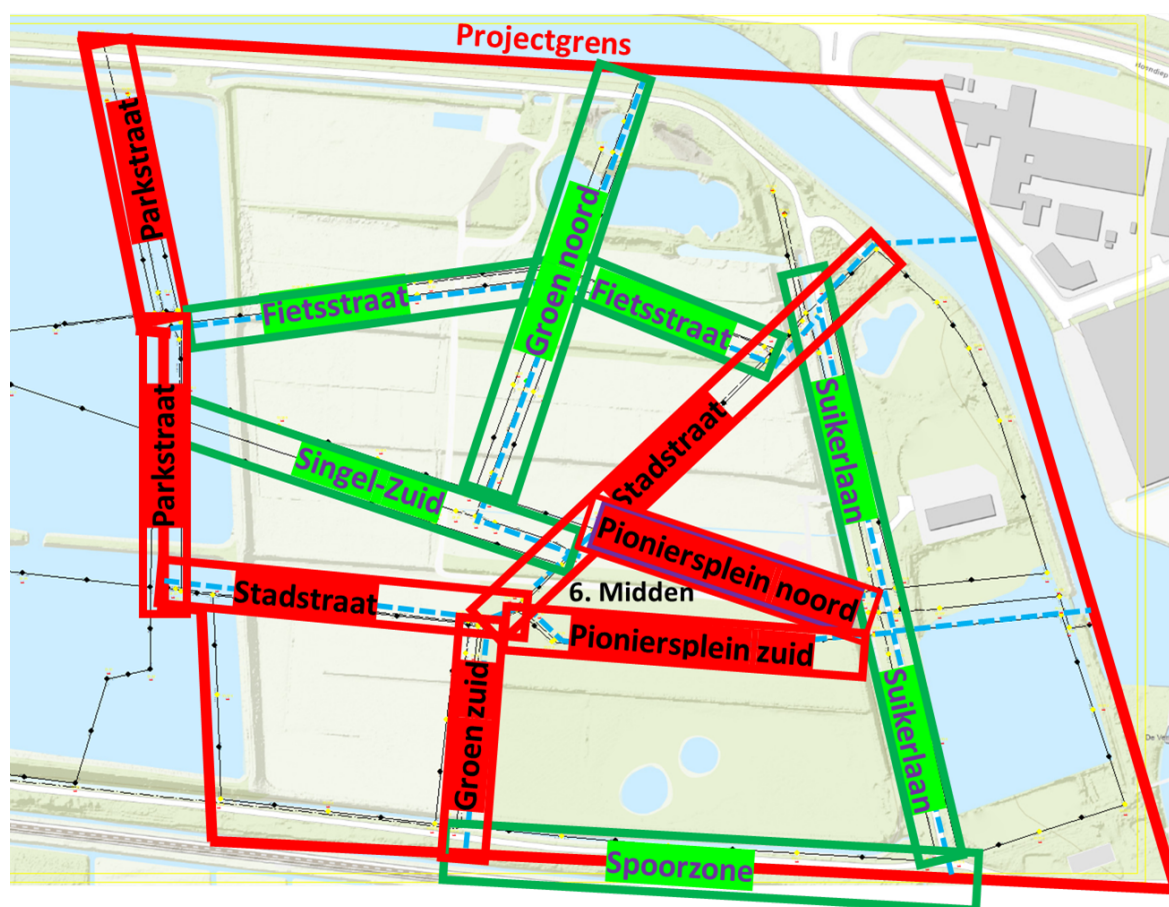
De straten die niet verticaal stabiel zijn indien er gewerkt zou worden volgens voorkeursvariant 1 zijn weergegeven in onderstaande tabel 4.2., zie ook figuur 4.1 (rode deelgebieden). Deze deelgebieden dienen volgens aanlegmethode variant 2 te worden aangelegd.

Tabel 4.2: Deelgebieden/straten die aangelegd dienen te worden volgens aanlegmethode variant 2

Deelgebieden/straten die aangelegd dienen te worden volgens aanlegmethode variant 2 zonder dat er opbarstrisico optreedt
Stadstraat
Parkstraat
Groen-Zuid
Pioniersplein-Zuid
Pioniersplein-Noord

Opgemerkt wordt dat voor de aanleg van de riolering ter plaatse van de Parkstraat eerst het vloeiveld zal worden opgevuld/opgehoogd met zand. Dus hier zal niet vanaf het huidig niveau van bodem vloeiveld worden gegraven maar vanaf bovenkant niveau van het zand na het opvullen van het vloeiveld. Voor het aanbrengen van de riolering ter plaatse van het Pioniersplein-Zuid is het van belang dat de ontgraving niet dieper, breder of met een ander talud wordt uitgevoerd dan op tekening aangegeven, omdat er dan mogelijk opbarsten zou kunnen gaan optreden. Opgemerkt wordt dat er ook nog enige marge ingebouwd is met conservatieve uitgangspunten voor de stijghoogte en een veiligheidsfactor over de volumieke gewichten van de bodem.

Uit de berekende opbarstveiligheden volgt dus dat er geen spanningsbemaling nodig is (variant 3) om te voorkomen dat bij de aanleg van de riolering er opbarsten optreedt.



Figuur 4.1: Overzichtskartaal met deelgebieden van straten die volledig volgens voorkeursvariant 1 aangelegd kunnen worden (groen) en straten die (deels) volgens variant 2 aangelegd dienen te worden (rood).