

## Memo

**Aan**

J. Glazenburg

**Datum**

7 juli 2021

**Contactpersoon**

Kees Kooij

**Ons kenmerk**

11206758-002-HYE-0001

**Doorkiesnummer**

+31(0)88 335 8529

**E-mail**

Kees.Kooij@deltares.nl

**Aantal pagina's**

1 van 12

**Onderwerp**

Hydraulische analyse Variantenstudie AWTS Westerkwartier

## 1 Inleiding

Deze memo bevat de resultaten van de hydraulische analyse van de variantenstudie AWTS Westerkwartier. Het betreft primair het aanvoersysteem van Marum naar RWZI Gaarkeuken waarbij een definitieve keuze gemaakt moet worden tussen 3 varianten. Tevens wordt het aanvoersysteem van Zuidhorn naar RWZI Gaarkeuken beschouwd. Deltares heeft de werkzaamheden uitgevoerd in nauw overleg met het projectteam bestaande uit:

- J. Glazenburg – Projectleider NZV
- P. Hoekstra – NZV
- A. Speenstra – Invraplus
- J. Kruims – HDM Pipelines

Deze studie is een vervolg op de werksessie gedaan in november 2019 waarbij een aantal varianten hydraulisch getoetst zijn. Op basis hiervan zijn de varianten verder uitgewerkt en in deze studie nader getoetst op aspecten met betrekking tot hydraulisch functioneren. Tijdens de studie zijn de tussentijdse resultaten besproken in het projectteam en zijn vervolgens stappen/keuzes gemaakt. In dit verslag zijn de resultaten samengevat.

## 2 AWTS Marum – RWZI Gaarkeuken

### 2.1 Systeembeschrijving

Op dit afvalwatertransportsysteem zitten de in Tabel 1 genoemde 4 gemalen. De vermelde DWA aanvoer is ontleend aan recente registraties en is het DWA daggemiddelde gedeeld door 24 uur. Het  $RWA_{max}$  debiet is de afvoerverplichting (referentie: Memo Adelbert van der Meer, RHDHV 16 januari 2020, QQ\_def-Afnameverplichtingen zuiveringskring Westerkwartier DEF3 BG7191WATNT1909231006.docx).

Karakteristiek voor gemaal Noordwijk is dat dit gemaal 20 uur per dag draait vanwege de continue aanvoer van 12 m<sup>3</sup>/h afkomstig van FrieslandCampina (FC). Het gemaal Marum heeft 4 a 5 draaiuren per dag en gedraagt zich dus als een “normaal” rioolgemaal.

Tabel 1 Capaciteitenrioolgemalen AWTS Marum

| Rioolgemaal       | Aanvoer DWA (m <sup>3</sup> /h) | RWA max (m <sup>3</sup> /h) |
|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Marum             | 93                              | 229                         |
| Noordwijk incl FC | 19 (incl 12 FC)                 | 34                          |
| Noorderweg        | 1                               | 1                           |
| Marumerlage       | 1                               | 5                           |

Voor dit traject zijn na de voorstudie en discussies binnen deze studie drie varianten overgebleven:

- A. Nieuw rioolgemaal op de locatie van de huidige RWZI
- B. Nieuw rioolgemaal op de locatie van het huidige rioolgemaal Marum
- C. Rioolgemalen Noordwijk, Marumerlage en Noorderweg inrikken op de hoofdpersleiding Marum-RWZI

In alle varianten zijn voor dezelfde tracés dezelfde leidingmaterialen (HDPE) en diameters gehanteerd, zoals weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 leidingdiameters AWTS Marum

| Van         | Naar        | Persleiding - D <sub>inw</sub> | Variant |
|-------------|-------------|--------------------------------|---------|
| Marum Zuid  | Marum Noord | DN250 – 220 mm                 | A       |
| Marum Noord | RWZI        | DN400 – 352 mm                 | A, B, C |
| Noordwijk   | Marum Noord | DN125 – 110 mm                 | A, B, C |

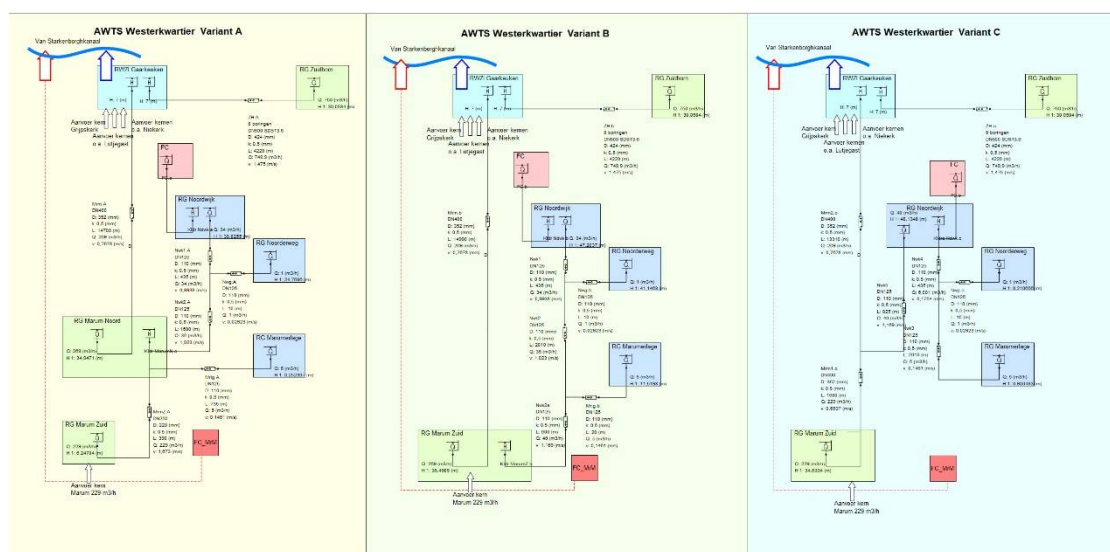
In het afvoergebied zitten 2 fabrieken van Friesland-Campina.

De FC-fabriek in Marum heeft zijn eigen waterzuivering en loost dit effluent nu rechtstreeks op de Dwarsdiepe. In de toekomst gaat dit mogelijk via een apart aan te leggen eigen leiding geloosd worden op het Van Starckenborghkanaal. In dit ontwerpproces wordt expliciet uitgesloten dat dit effluent ooit door het nieuwe persleidingsysteem van Marum-Gaarkeuken afgevoerd gaat worden.

De FC-fabriek te Noordwijk loost het ongezuiverd afvalwater op het vrijervalstelsel van Noordwijk.

In het tracé van Marum – RWZI zijn een aantal grote HDD-boringen voorzien; deze zitten in alle varianten. Voor meer informatie hierover, zie rapport 'Notitie 2868-0221-01 Haalbaarheidsstudie RWZI Westerkwartier versie1 03-05-2021' van firma Atron, opgesteld door Dhr. N. Nerrings.

De 3 varianten zijn in onderstaande schema (Figuur 1) samengevat en per afzonderlijke variant weergegeven in bijlage A.



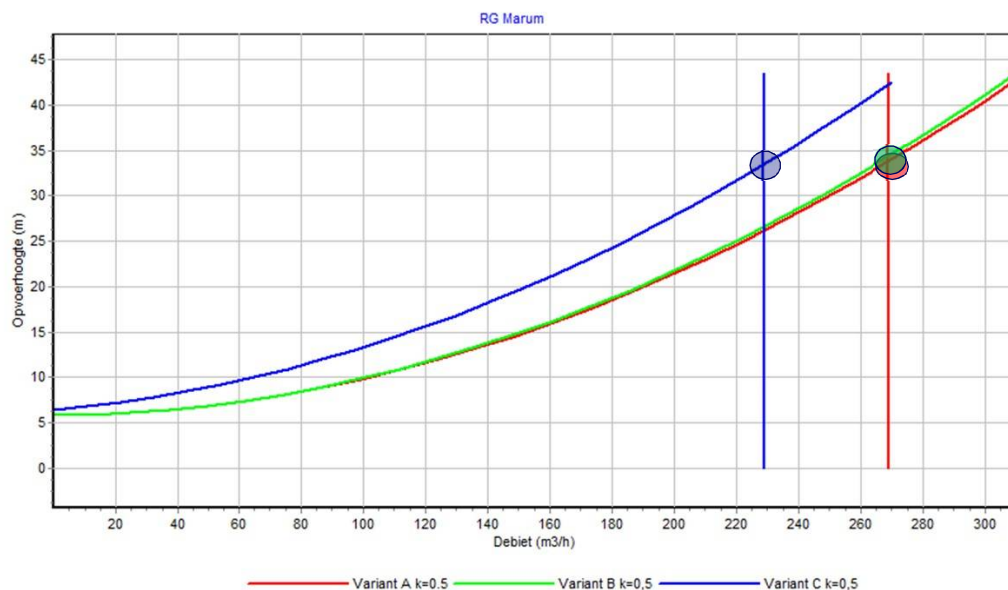
Figuur 1 Hydraulisch schema varianten A, B en C

Voor de gemalen Marum en Noordwijk zijn de systeemkarakteristieken bepaald voor de drie varianten. Hierbij is uitgegaan van een afleveringspeil (uitstroomput) van 7,00 m NAP op RWZI Gaarkeuken.

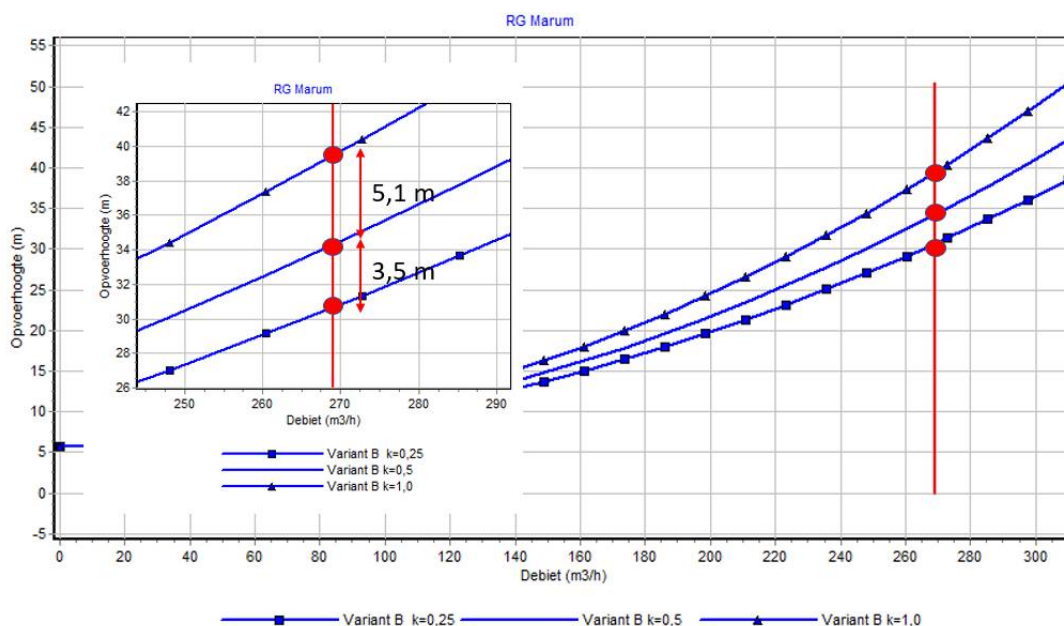
## 2.2 Systeemkarakteristiek RG Marum

Voor RG Marum is een kelderpeil van +1,20 m NAP aangehouden. De systeemkarakteristieken zijn gebaseerd op een wandruwheid van  $k = 0,5$  mm (een realistische praktijkwaarde voor niet-vervuilde en gasbelvrije persleidingen), zie Figuur 2. In de figuur is het werkpunt van de pomp met een cirkel aangegeven. Duidelijk is te zien dat het hydraulisch functioneren van variant A en B nauwelijks verschilt.

In Figuur 3 is de invloed van de wandruwheid weergegeven.



Figuur 2 Systeemkarakteristiek voor RG Marum voor varianten A, B en C en  $k$ -waarde = 0,5 mm



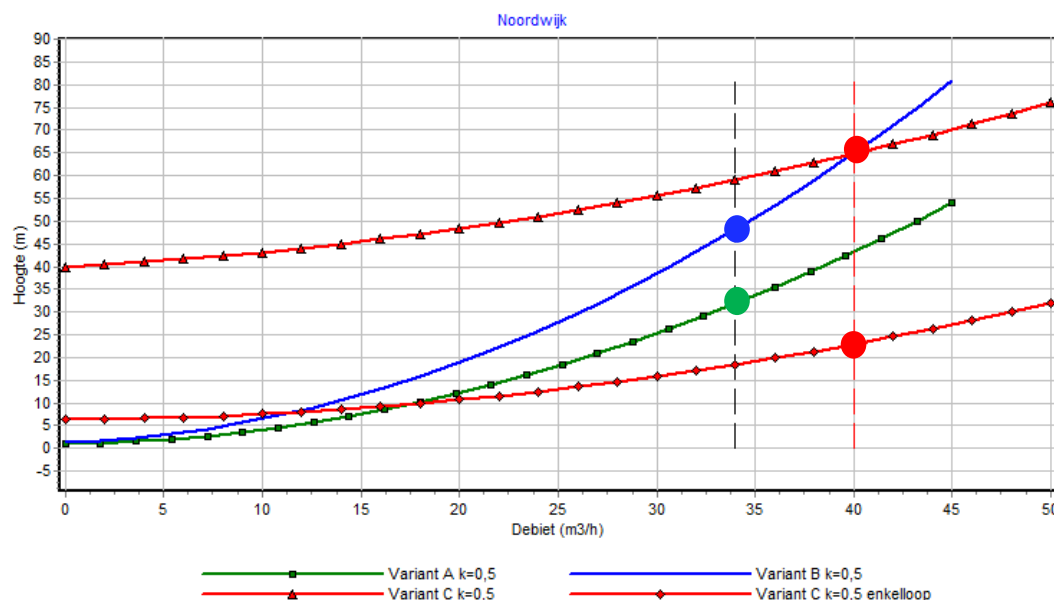
Figuur 3 Systeemkarakteristiek voor RG Marum voor variant B met  $k$ -waarden 0,25, 0,5 en 1,0 mm

## 2.3 Systeemkarakteristiek RG Noordwijk

Voor RG Noordwijk is een kelderpeil van +0,54 m NAP aangehouden. Voor de varianten A en B moet een instroompeil in de kelder van RG Marum aangenomen worden (nodig voor aanname statische opvoerhoogte). Hiervoor is een niveau van +1,50 m NAP gekozen. Bij variant C moet RG Noordwijk ook het water van de 2 kleine gemalen Noorderweg en Marumlage verpompen waardoor de capaciteit uitkomt op 40 m<sup>3</sup>/h.

De systeemkarakteristieken zijn gebaseerd op een DN125 met wandruwheid van  $k = 0,5$  mm, zie Figuur 4.

Bij variant C is er een groot verschil (ruim 40 m) in opvoerhoogte indien RG Marum wel of niet in bedrijf is. Pomptechnisch is dit moeilijk op te lossen en moet men denken aan twee verschillende typen pompen. Bijkomend nadeel is dat RG Noordwijk bijna continue water levert (vanwege FC) en dat RG Marum onder DWA omstandigheden maar een beperkt aantal keren per uur actief is. Dit betekent voor RG Noordwijk continue zal schakelen tussen de 2 pomptypen.



Figuur 4 Systeemkarakteristiek voor RG Noordwijk voor varianten A, B en C en  $k$ -waarde = 0,5 mm

## 2.4 Voorkeursvariant

Op basis van bovenstaande karakteristieken en gangbare pompen adviseert Deltares dat variant B vanuit hydraulische robuustheid de beste oplossing is. Deze keuze wordt door NZV gedeeld. Voor deze variant zijn hieronder nog een aantal zaken verder uitgewerkt.

## 2.5 Analyse snelheden / stromingsgetallen

Om de persleidingen schoon te houden van sediment en gasbelstagnatie in de neergaande leidingdelen van HDD-boringen te voorkomen gelden de volgende richtlijnen:

- Om bezonken sediment weer in suspensie te brengen is een snelheid nodig van minimaal 0,7 m/s.
- Om gasbelstagnatie te voorkomen is een stromingsgetal van 0,9 of hoger noodzakelijk. Bij een stromingsgetal van 0,6 of lager treedt gegarandeerd

gasbelstagnatie op. Bij stromingsgetallen tussen 0,6 en 0,9 is er sprake van enige afname van de gasbel maar dan dient er wel urenlang gestroomd te worden. Het stromingsgetal is gedefinieerd als:  $F_w = v / \sqrt{g D_{inw}}$  (zie CAPWAT handboek voor meer informatie).

Voor het AWTS Marum zijn de snelheden en stromingsgetallen voor  $RWA_{max}$  condities weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 *snelheden en stromingsgetallen bij RWA*

| Traject           | $D_{inw}$<br>(mm) | $Q_{RWA_{max}}$<br>(m <sup>3</sup> /h) | Snelheid $v$<br>(m/s) | Stromingsgetal $F_w$<br>(-) |
|-------------------|-------------------|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Marum - RWZI      | 352               | 269                                    | 0,77                  | 0,41                        |
| Noordwijk - Marum | 110               | 34                                     | 0,99                  | 0,96                        |

Voor het traject Noordwijk – Marum zijn er geen problemen te verwachten met sediment en gasbelstagnatie vanwege het feit dat dit gemaal bij DWA over de gehele dag grotendeels continue in bedrijf is. Wel moet op dit traject toch rekening gehouden worden met vervuiling van de persleiding en daarmee capaciteitsverlies ten gevolge van het afvalwater van FrieslandCampina. Dit type afvalwater geeft in de praktijk altijd problemen bij een stelsel dat is ontworpen voor uitsluitend communicaal afvalwater.

De snelheid in de hoofdpersleiding vanaf Marum is met betrekking tot vervuiling net voldoende groot. Althans onder RWA. Onder DWA omstandigheden wordt vaak een lager debiet ingesteld waardoor de snelheid ook lager is. Dit vanwege energetische besparingen. Ter illustratie zijn de snelheden en stromingsgetallen vermeld voor een realistisch DWA pompregime, zie Tabel 4.

Tabel 4 *snelheden en stromingsgetallen bij DWA*

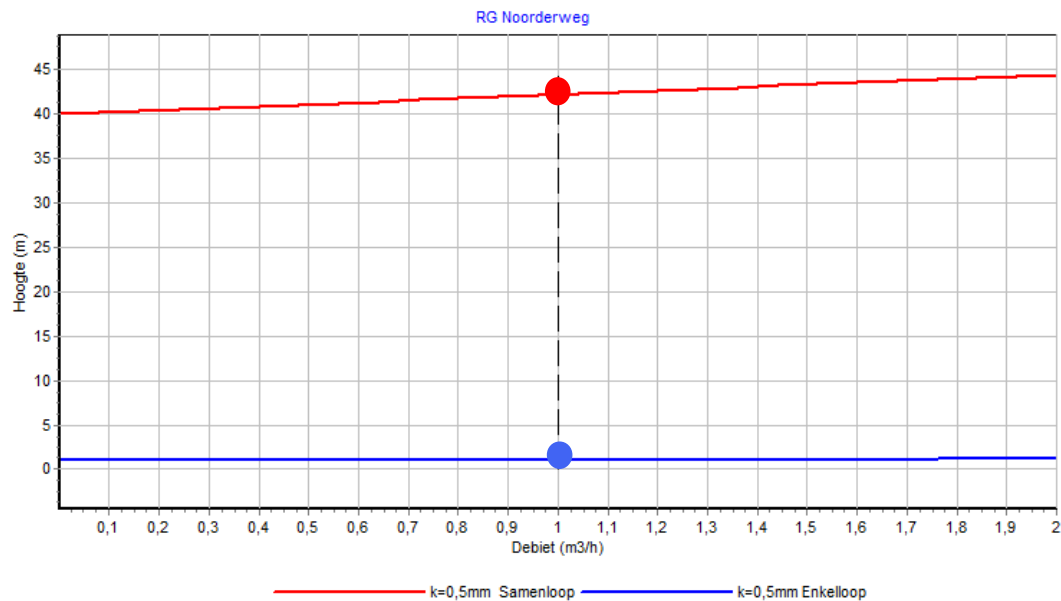
| Traject           | $D_{inw}$<br>(mm) | $Q_{RWA_{max}}$<br>(m <sup>3</sup> /h) | Snelheid $v$<br>(m/s) | Stromingsgetal $F_w$<br>(-) |
|-------------------|-------------------|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Marum - RWZI      | 352               | 200                                    | 0,57                  | 0,31                        |
| Noordwijk - Marum | 110               | 20                                     | 0,58                  | 0,56                        |

Met zekerheid kan worden vastgesteld dat er geen sprake is van gasbeltransport in de neergaande leidingdelen. Dus gasbelstagnatie is een feit indien er vrij gas in het systeem aanwezig is. Een veel voorkomende oorzaak van vrij gas in de leiding wordt veroorzaakt door luchtbelinname door de pomp. Dit wordt veroorzaakt door een vallende waterstraal vanuit rioolbuis of uitmonding van een aanvoerende persleiding. Bij het ontwerp van de zuigkelder van het nieuwe gemaal Marum moet hier terdege rekening mee worden gehouden.

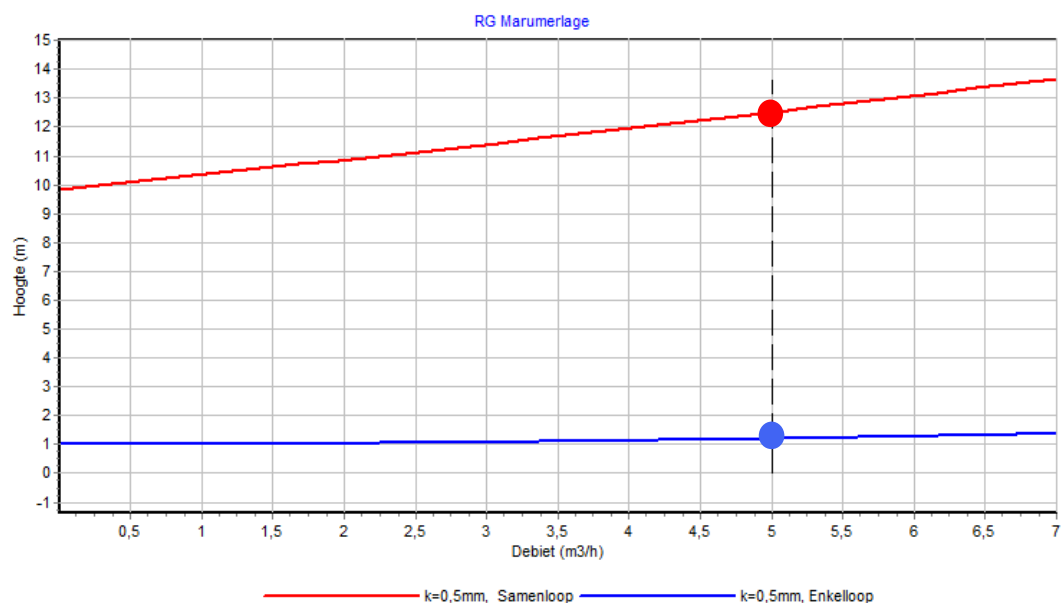
## 2.6 Systeemkarakteristiek RG Marumerlage en Noorderweg, variant B

Voor de volledigheid zijn hieronder (Figuur 5 en Figuur 6) de systeemkarakteristieken gegeven voor variant B voor de gemalen Noorderweg en Marumerlage. Voor beide is een zuigkelderniveau aangehouden van +0,50 mNAP. Met een ontvangsteil op RG Marum van +1,50 mNAP geeft dit een statische opvoerhoogte van 1 m.

Voor beide (kleine) gemalen geldt dat er een groot verschil is in opvoerhoogte tussen enkelloop en samenloop met gemaal Noordwijk. Dit is pomptechnisch niet op te lossen met een gangbaar toerental (frequentie) bereik. Aangezien gemaal Noordwijk bijna continue in bedrijf is door de continue aanvoer van FrieslandCampina, is het op te lossen door beide inprkigemalen alleen aan te zetten als er voldoende tegendruk is (gemaal Noordwijk draait). Wel dient in een beveiliging te worden voorzien dat het zuigkelderniveau van RG Noorderweg en RG Marumerlage niet boven overstortniveau komt bij langdurig buiten bedrijf zijn van RG Noordwijk waardoor de tegendrukconditie niet optreedt voor het in bedrijf komen.



Figuur 5 Systeemkarakteristiek voor RG Noorderweg voor variant B en  $k$ -waarde = 0,5 mm



Figuur 6 Systeemkarakteristiek voor RG Marumerlage voor variant B en  $k$ -waarde = 0,5 mm

## 2.7 Noodzakelijke voorzieningen voor handhaving capaciteit in gebruiksfase

Om de persleiding hydraulisch optimaal te laten functioneren zijn de volgende voorzieningen noodzakelijk:

- Piglanceerinstallatie bij RG Marum en RG Noordwijk.
- Pigontvangstinstallatie op RG Marum en RWZI Gaarkeuken
- Ontluchtingspunt op persheaders
- Ontluchtingspunten op hoogste punt bij neergaande leidingdeel HDD-boring of zinker

De noodzaak tot het uitvoeren van een schoonmaakactie volgt uit een actief te monitoren hydraulische prestatie van het systeem. Om de oorzaak van capaciteitsverlies vast te stellen

en daarmee de juiste onderhoudsactie uit te voeren, is het noodzakelijk om bij de diepe boringen een drukmeetpunt aan te brengen. Primair aan de bovenstroomse zijde (in combinatie met het ontluchtingspunt). Aan benedenstrooms zijde is wenselijk maar dit hangt mede af van de locatie van het volgende meetpunt.

Op basis van debiet en de drukregistraties langs het tracé kan de bottleneck bepaald worden en daarmee de efficiëntste actie.

### 3 AWTs Zuidhorn – RWZI Gaarkeuken

Dit afvalwatertransportsysteem bestaat uit één persleiding van Zuidhorn naar de RWZI. De persleiding bestaat uit HDPE DN500 met inwendige diameter van 424 mm (SDR13,6) en heeft een totale lengte van 4220 m. De leiding wordt vermoedelijk grotendeels uitgevoerd met 8 gestuurde boringen van 400 à 500 m die allemaal naar een diepte van ca. 8-10 m t.o.v. maaiveld gaan, zie Tabel 5.

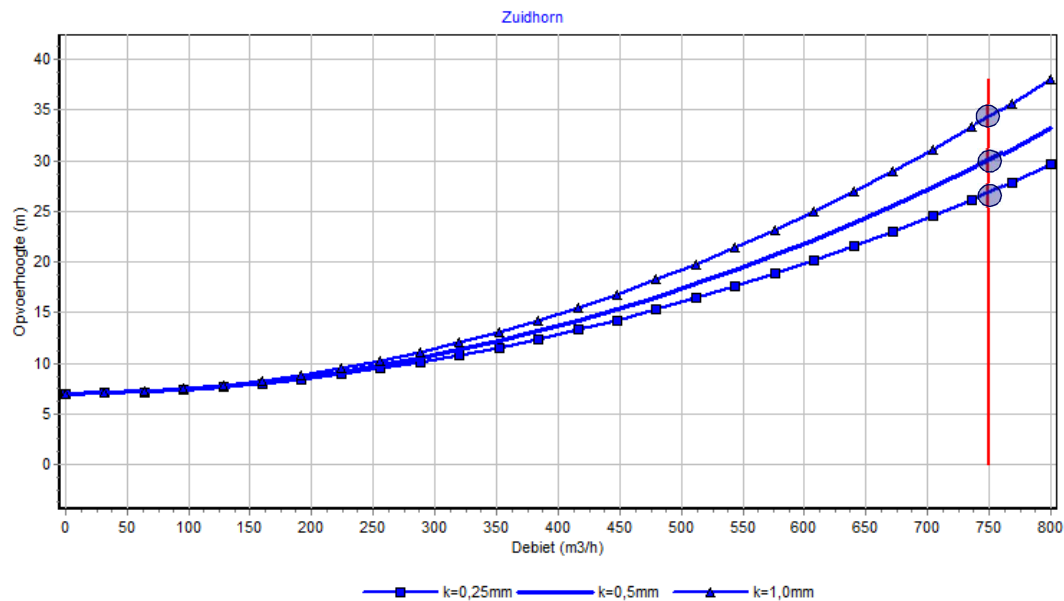
Tabel 5 Boringen persleiding Zuidhorn

| Leiding deel | inwendig [mm] | lengte [m] | van [m] | tot [m] | ligging to.v. maaiveld |
|--------------|---------------|------------|---------|---------|------------------------|
| Sleuf        | 424           | 30         | 0       | 30      | -2                     |
| Boring 1     | 424           | 465        | 30      | 495     | -10                    |
| Sleuf        | 424           | 30         | 495     | 525     | -2                     |
| Boring 2     | 424           | 655        | 525     | 1.180   | -10                    |
| Sleuf        | 424           | 30         | 1.180   | 1.210   | -2                     |
| Boring 3     | 424           | 530        | 1.210   | 1.740   | -10                    |
| Sleuf        | 424           | 30         | 1.740   | 1.770   | -2                     |
| Boring 4     | 424           | 460        | 1.770   | 2.230   | -10                    |
| Sleuf        | 424           | 30         | 2.230   | 2.260   | -2                     |
| Boring 5     | 424           | 405        | 2.260   | 2.665   | -10                    |
| Sleuf        | 424           | 30         | 2.665   | 2.695   | -2                     |
| Boring 6     | 424           | 460        | 2.695   | 3.155   | -10                    |
| Sleuf        | 424           | 30         | 3.155   | 3.185   | -2                     |
| Boring 7     | 424           | 450        | 3.185   | 3.635   | -10                    |
| Sleuf        | 424           | 30         | 3.635   | 3.665   | -2                     |
| Boring 8     | 424           | 450        | 3.665   | 4.115   | -10                    |
| Sleuf        | 424           | 20         | 4.115   | 4.135   | 7                      |

De RWA capaciteit bedraagt 750 m<sup>3</sup>/h.

De systeemkarakteristiek voor diverse k-waarden is weergegeven in Figuur 7. Voor de bepaling statische opvoerhoogte is een zuigpeil van 0,0 mNAP gehanteerd en is uitgegaan van een afleveringspeil (uitstroomput) van +7,00 m NAP op RWZI Gaarkeuken

Het werkgebied geeft voor de pompkeuze geen problemen, de benodigde opvoerhoogte van 27 tot 35 m is voor rioolpompen en realistisch werkgebied



Figuur 7 Systeemkarakteristiek voor RG Zuidhorn met  $k$ -waarden 0,25, 0,5 en 1,0 mm

Voor het AWTS Zuidhorn zijn de snelheden en stromingsgetallen voor  $RWA_{max}$  condities weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 snelheden en stromingsgetallen bij RWA

| Traject         | $D_{inw}$<br>(mm) | $Q_{RWA_{max}}$<br>(m³/h) | Snelheid $v$<br>(m/s) | Stromingsgetal $F_w$<br>(-) |
|-----------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Zuidhorn - RWZI | 424               | 750                       | 1,48                  | 0,72                        |

De snelheid bij RWA is der mate hoog dat er geen problemen met vervuiling van de persleiding te verwachten is. Het stromingsgetal zit wel in een gebied waarbij geen sprake is van volledig gasbeltransport en waardoor ontstaan van gasbellen bovenstrooms van het neergaande leidingdeel van de HDD-boring reël is. Gezien het groot aantal diepe boringen kan daarmee het extra energieverlies behoorlijk toe nemen en is dus ook hier extra aandacht nodig voor de zuigkelder om luchtintrede bij de pomp te voorkomen.

Om operationeel het vereiste debiet te kunnen garanderen is het advies de pompcapaciteit voldoende groot te kiezen. Door toepassing van een debietregeling zal deze extra vermogen bij schone leiding niet aangesproken worden. Via monitoring dient geobserveerd te worden of de afvoercapaciteit van de persleiding afneemt in de tijd. Bij overschrijding van een nader vast te stellen prestatie-indicator waarde zal de oorzaak met grote zekerheid liggen aan gasbelstagnatie.

Voor RG Zuidhorn worden daarom de zelfde maatregelen geadviseerd als bij RG Marum en RG Noordwijk:

- Piglanceerinstallatie bij RG Zuidhorn
- Pigontvangstinstallatie op RWZI Gaarkeuken
- Ontluchtingspunt op persheader
- Ontluchtingspunten op hoogste punt bij neergaande leidingdeel HDD-boring

## 4 Conclusies en aanbevelingen

Voor het traject Marum – RWZI Gaarkeuken wordt vanuit hydraulisch oogpunt de voorkeur aan variant B gegeven. Dit is pomp-technisch de beste variant en ook voor de beheerfase de eenvoudigste leidingconfiguratie.

Voor alle gemalen geldt dat voorkomen moet worden dat er lucht via de pompintrede wordt aangezogen. Dit leidt onherroepelijk tot gasbelstagnatie bij de HDD\_boringen en dus capaciteitsverlies.

Bij de keuze van de pomp moet rekening worden gehouden met extra energieverlies door vervuiling en gasbelstagnatie. Dit is dan op te vangen met een hoger toerental en bij overschrijding van een zekere grens moet een reinigings- of ontluchtingsactie uitgevoerd worden. Daartoe moet in het ontwerp een piglanceer installatie worden opgenomen en ontluchtingspunten bij de HDD-boringen.

De bovenstaande aanbevelingen m.b.t. de pompkeuze en reinigings- en ontlucht mogelijkheden gelden ook voor het traject AWTS Zuidhorn – RWZI Gaarkeuken.

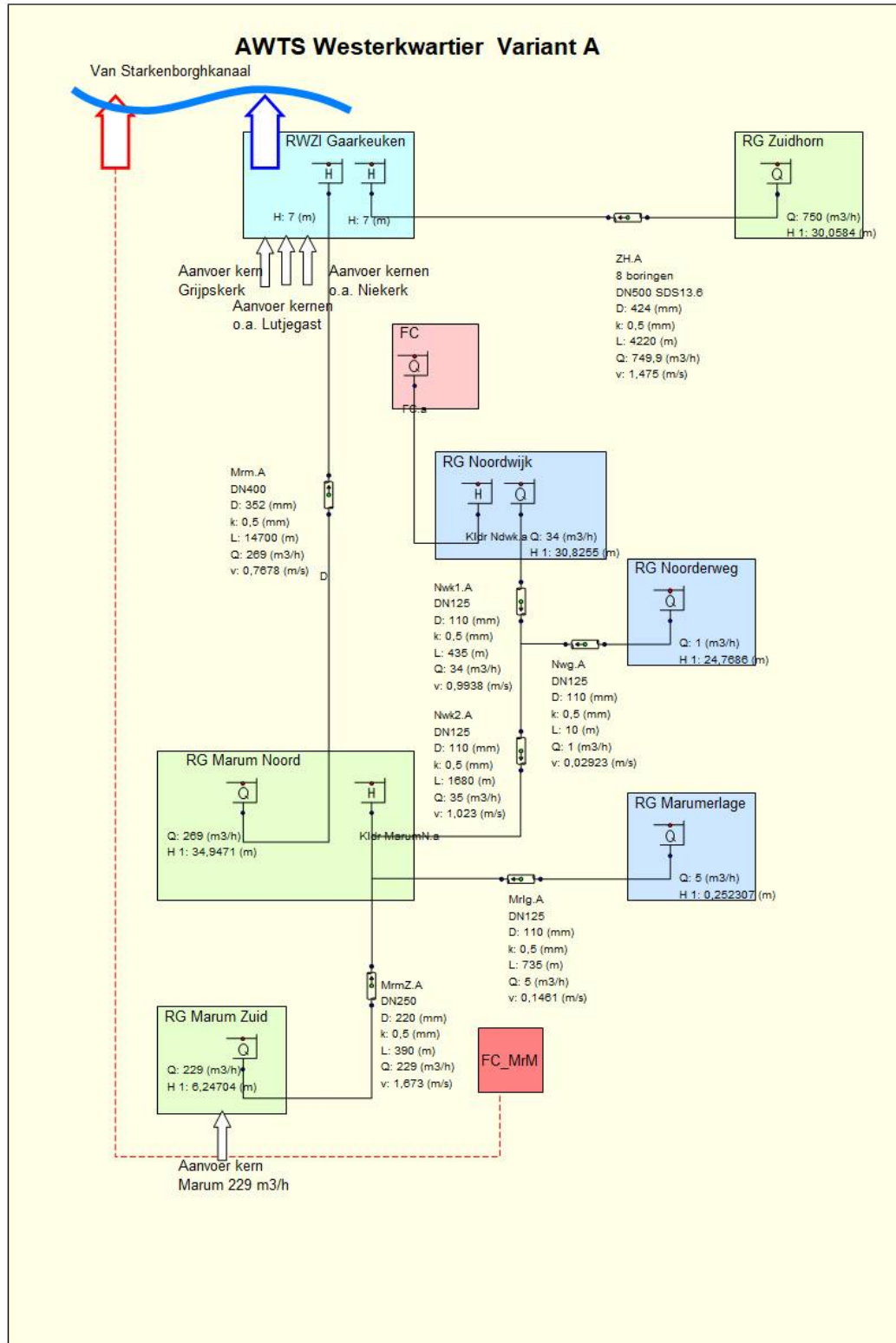
Voor het traject Noordwijk – Marum moet er rekening gehouden worden met vervuiling van de persleiding en daarmee capaciteitsverlies ten gevolge van het afvalwater van FrieslandCampina. Dit type afvalwater geeft in de praktijk meer problemen dan gewoon huishoudelijk afvalwater.

| Doc. Versie | Auteur                                                                                         | Controle                                                                                            | Akkoord                                                                                              |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.0         | Kees Kooij                                                                                     | Femke Verhaart                                                                                      | Bas van Vossen                                                                                       |
| 2.0         | Kees Kooij  | Femke Verhaart  | Bas van Vossen  |
|             |                                                                                                |                                                                                                     |                                                                                                      |

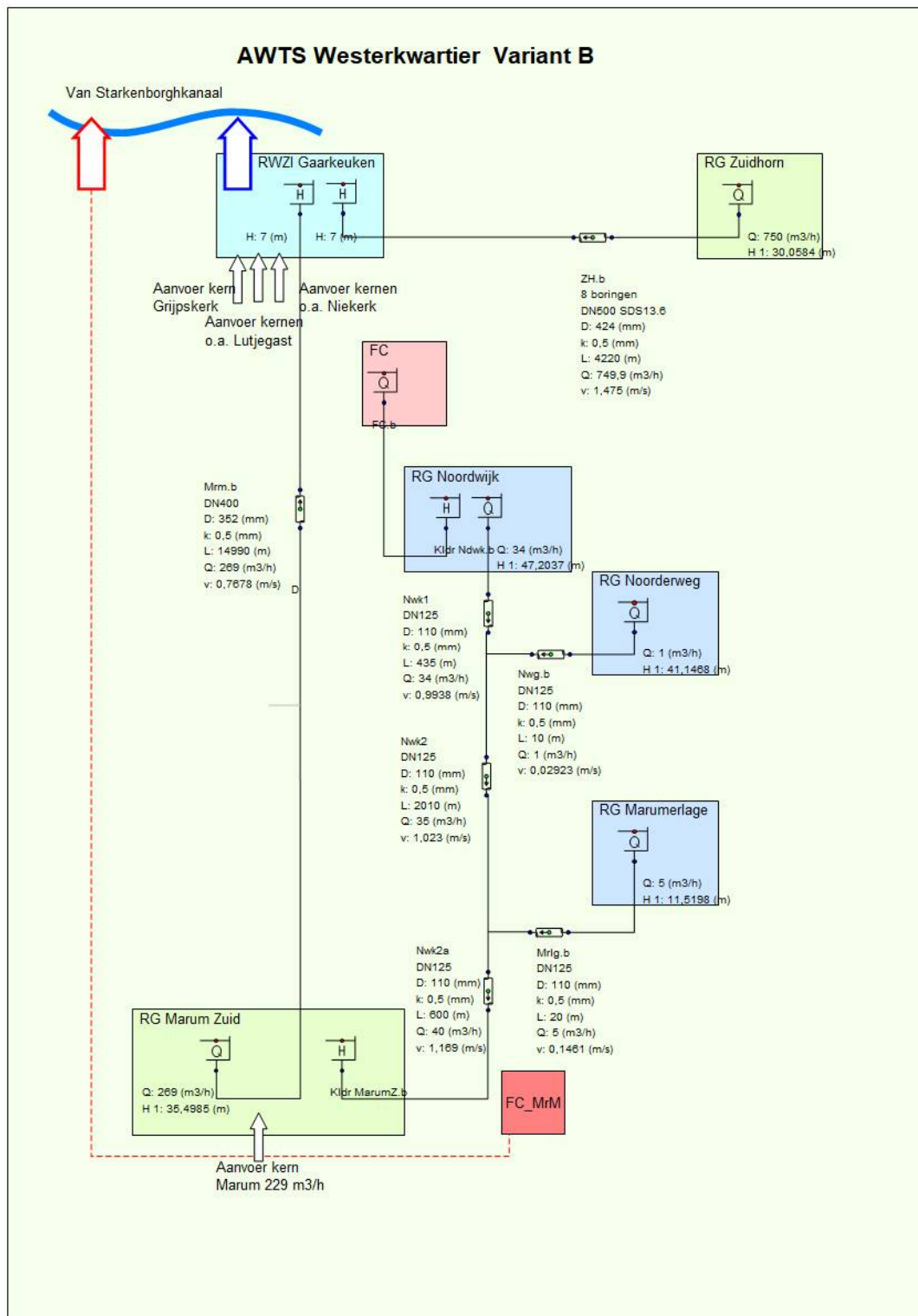
Kopie aan  
P. Hoekstra, J. Kruims, A. Speerstra

## A Bijlage

### Schema variant A



Schema Variant B



Schema Variant C

