

Waterstofnetwerk Groningen

Integrale effectenanalyse (IEA)

30 mei 2024 - Public

Inhoudsopgave

1.1	Doel en reikwijdte van de integrale effectenanalyse (IEA)	6
1.2	Korte beschrijving van het project	6
1.2.1	Nut en noodzaak	6
1.2.2	Onderdelen van Waterstofnetwerk Groningen	7
1.3	Procedure	7
1.3.1	Besluiten	7
1.3.2	Milieueffectrapportage (mer) en milieueffectrapport (MER)	7
1.3.3	Het verdere verloop van de procedure	8
1.3.4	Initiatiefnemer en bevoegd gezag	8
1.4	Korte beschrijving alternatieven	9
1.4.1	Deelgebied Eemshaven – Tjuchem	11
1.4.2	Deelgebied Tjuchem – Delfzijl	13
1.4.3	Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep	14
1.4.4	Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl	16
2	Milieueffecten	17
2.1	Inleiding	17
2.2	Overzicht op hoofdlijnen	17
2.3	Deelgebied Eemshaven – Tjuchem	18
2.3.1	Niet onderscheidende aspecten	19
2.3.2	Onderscheidende aspecten	20
2.4	Deelgebied Tjuchem – Delfzijl	21
2.5	Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep	23
2.6	Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl	25
3	Omgeving	27
3.1	Inleiding	27
3.2	Omgevingsproces	27
3.3	Algemene issues voor alle deelgebieden	28
3.4	Deelgebied Eemshaven – Tjuchem	29
3.4.1	Niet onderscheidende issues	29

3.4.2	Onderscheidende issues	29
3.5	Deelgebied Tjuchem – Delfzijl	32
3.6	Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep	32
3.7	Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl	32
4	Techniek	33
4.1	Inleiding	33
4.2	Deelgebied Eemshaven – Tjuchem	34
4.2.1	Niet onderscheidende issues	34
4.2.2	Onderscheidende issues	35
4.3	Deelgebied Tjuchem – Delfzijl	36
4.4	Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep	36
4.5	Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl	36
5	Toekomstvastheid	37
5.1	Inleiding	37
5.2	Toekomstige ontwikkelingen Waterstofnetwerk Groningen	37
5.2.1	Deelgebied Eemshaven – Tjuchem	37
5.2.2	Deelgebied Tjuchem – Delfzijl	38
5.2.3	Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep	39
5.2.4	Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl	39
5.3	Toekomstige ontwikkelingen in de omgeving	40
5.3.1	Deelgebied Eemshaven – Tjuchem	40
5.3.2	Deelgebied Tjuchem – Delfzijl	41
5.3.3	Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep	42
5.3.4	Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl	42
6	Investeringskosten	43
6.1	Inleiding	43
6.2	Factoren voor kosten	43
6.3	Deelgebied Eemshaven - Tjuchem	43
6.4	Deelgebied Tjuchem – Delfzijl	43
6.5	Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep	44
6.6	Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl	44
7	Samenvatting integrale effectenanalyse	45
7.1	Deelgebied Eemshaven – Tjuchem	47

7.2	Deelgebied Tjuchem – Delfzijl	53
7.3	Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep	56
7.4	Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl	57

Bijlagen

Bijlage A	Overzichtstabellen milieueffectscores	58
Bijlage B	Analyse agrarische waarden	76
Bijlage C	Kaarten tracéalternatieven	77

1.1 Doel en reikwijdte van de integrale effectenanalyse (IEA)

Hynetwork Services (hierna: HNS) ontwikkelt in samenwerking met het ministerie van EZK een landelijk netwerk van hogedrukwaterstofleidingen genaamd Waterstofnetwerk Nederland. Onderdeel van het landelijke netwerk is ook Waterstofnetwerk Groningen (hierna: WN Groningen).

Voordat het project WN Groningen kan worden gerealiseerd, is eerst een ruimtelijk besluit nodig en verscheidene vergunningen en ontheffingen van regionale overheden. Bevoegd gezag zijn de ministers van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK). De ministers bepalen daarvoor eerst hun voorkeur voor de ligging van het tracé (het voorkeursalternatief, oftewel VKA).

Voorliggende Integrale Effect Analyse (IEA) presenteert op objectieve wijze de informatie voor de keuze van het VKA vanuit de pijlers milieu, omgeving, techniek, toekomstvastheid en kosten. De scope van de IEA is daarin breder dan die van het milieueffectrapport, waarin hoofdzakelijk de milieueffecten onderzocht worden. De IEA is toegespitst op informatie die relevant is gebleken voor de te maken keuzes.

WN Groningen is voor de effectstudies opgedeeld in vier deelgebieden. In één deelgebied zijn tracéalternatieven onderzocht waartussen voor het VKA een keuze gemaakt wordt. In de andere drie deelgebieden zijn geen alternatieven. Ook voor deze deelgebieden zijn de grootste effecten en issues in beeld gebracht in deze IEA, zodat bij het bepalen van het VKA dit meegewogen kan worden.

Op basis van de IEA nemen de ministers voor Klimaat en Energie en voor BZK naar verwachting in juni 2024 hun besluit over het VKA. De IEA richt zich op het beschrijven van de integrale effecten van de voorgenomen activiteit en mogelijke aandachtspunten voor het vervolg.

In deze IEA wordt achtereenvolgens, in de volgende paragrafen, ingegaan op de effecten / kenmerken van de alternatieven, gezien vanuit de volgende invalshoeken:

- Milieueffecten (hoofdstuk 2)
- Omgeving (hoofdstuk 3)
- Techniek (hoofdstuk 4)
- Toekomstvastheid (hoofdstuk 5)
- Kosten (hoofdstuk 6)

In hoofdstuk 7 is een totaaloverzicht (samenvatting) van de effectenanalyse weergegeven.

1.2 Korte beschrijving van het project

1.2.1 Nut en noodzaak

Om de uitstoot van broeikasgassen te beperken wordt er in heel Nederland gewerkt aan de transitie naar een CO₂-neutrale samenleving. Waterstof speelt hierbij een belangrijke rol als duurzame energiedrager. In de 'Kabinetsvisie waterstof'¹ heeft het Kabinet aangegeven dat de ontwikkeling van een CO₂-vrije waterstofketen noodzakelijk is voor een CO₂-vrij energie- en grondstoffensysteem. Een belangrijk onderdeel van die waterstofketen is het transport van waterstof. Hynetwork Services B.V. (hierna: HNS) heeft als doel het transport van waterstof maximaal te faciliteren en het gebruik van waterstof in Nederland te bevorderen. Daarom ontwikkelt HNS een landelijk netwerk van hogedrukwaterstofleidingen, genaamd 'Waterstofnetwerk Nederland'.

Onderdeel van dit waterstofnetwerk is het WN Groningen. In de regio's Eemshaven en Delfzijl bestaan plannen voor grootschalige productie en gebruik van waterstof². HNS wil het transport tussen deze industriële clusters verzorgen door de realisatie van een nieuw waterstofnetwerk. Dit netwerk zal bestaan uit al aanwezige leidingen die van het aardgasnetwerk worden gescheiden en omgebouwd, en nieuw aan te leggen leidingen. Het doel is om huidige en

¹ Kabinetsvisie waterstof: Kamerstukken II 2019/20, dossiers en onder-nummer: 29 696 en 32813 nr. 485. Link: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-32813-485.html>

² Bijvoorbeeld: <https://petrochem.nl/2022/05/09/nog-meer-waterstof-in-noord-nederland/>

toekomstige producenten en afnemers van waterstof in de regio met elkaar te verbinden en met de geplande waterstofopslag HyStock Zuidwending, en ook met de rest van Nederland en het buitenland.

1.2.2 Onderdelen van Waterstofnetwerk Groningen

De voorgenomen activiteit bestaat uit het ontwikkelen van een leidinginfrastructuur voor het transport van waterstof in Groningen, als onderdeel van een landelijk netwerk. Het project WN Groningen bestaat deels uit bestaande aardgastransportleidingen die omgebouwd en hergebruikt worden. Voor bepaalde delen van het netwerk is het niet mogelijk om gebruik te maken van bestaande leidingen, omdat de leidingen nog in gebruik zijn voor aardgas, of omdat ze niet voldoen aan de eisen voor het gebruik van waterstof, bijvoorbeeld omdat de diameter ervan niet groot genoeg is. Daarom zullen er ook nieuwe buisleidingen worden aangelegd om een volledig netwerk te realiseren. Dit geldt voor de verbinding van Eemshaven via Tjuchem naar Delfzijl. Ook is er bij compressorstation Scheemda een nieuwe verbindingleiding voorzien tussen twee bestaande aardgastransportleidingen die worden omgebouwd voor waterstof. Het project bestaat uit de volgende onderdelen:

Nieuwbouw waterstofleiding

Hergebruik aardgasleidingen

Aanpassen/verwijderen van bestaande afsluiterlocaties voor aardgas en nieuwbouw van afsluiterlocaties voor waterstof

1.3 Procedure

1.3.1 Besluiten

Voordat het project WN Groningen kan worden gerealiseerd, is eerst een ruimtelijk besluit nodig en verscheidene vergunningen en ontheffingen van regionale overheden. Zoals aangegeven in paragraaf 1.1 is het ministerie van EZK het coördinerend bevoegd gezag van de Projectprocedure. De Projectprocedure ziet erop toe dat de verschillende besluiten (ruimtelijk besluit, vergunningen en ontheffingen) die nodig zijn tegelijk en in onderling overleg met regionale overheden worden genomen. Communicatie, participatie en inspraak zijn zo helder geregeld. Reacties, zienswijzen en eventueel beroep tegen de verschillende besluiten vinden door de coördinatie gelijktijdig en gecombineerd plaats.

Op 1 januari 2024 is de Omgevingswet in werking getreden, terwijl op het moment dat de procedure gestart werd, de Wet ruimtelijke ordening nog van toepassing was. Dit betekent dat de naam van de procedure is veranderd van Rijkscoördinatieprocedure (RCR) in Projectprocedure en het te nemen besluit is een projectbesluit geworden. Om voorbereid te zijn op deze wijziging, is voor dit project al gewerkt in de geest van de Omgevingswet en conform de vereisten van de Projectprocedure.

1.3.2 Milieueffectrapportage (mer) en milieueffectrapport (MER)

Voor de besluitvorming over WN Groningen wordt de mer-procedure doorlopen. Het separaat bijgevoegde MER Fase 1 is onderdeel van deze mer-procedure. Het doel van de mer-procedure is om milieu- en natuurbelangen naast andere belangen een volwaardige rol te laten spelen bij de besluitvorming. Mer is voorgeschreven op grond van Europese en nationale wetgeving indien er sprake is van activiteiten met potentieel aanzienlijke milieueffecten. In gevallen dat een besluit of plan betrekking heeft op activiteiten die voorkomen in Bijlage V van het Omgevingsbesluit (dat gezamenlijk met de Omgevingswet op 1 januari 2024 is ingegaan) moet bepaald worden welke procedure doorlopen moet worden om mogelijke milieueffecten te beoordelen: de mer-procedure of mer-beoordelingsprocedure.

Tabel 2-1 Overzicht activiteiten Omgevingsbesluit

Activiteit	Omschrijving	Drempelwaarde
J9	Buisleidingen voor: a. het transport van gas, olie of chemicaliën, b. het transport van kooldioxide (CO ₂) stromen voor geologische opslag, inclusief de pompstations, of c. stoom of warm water	mer-plicht als: Als sprake is van een geval als bedoeld onder a of b: de aanleg, wijziging of uitbreiding van een buisleiding met: 1°. een diameter van meer dan 0,8 m; en 2°. een lengte van meer dan 40 km
K1	Werkzaamheden voor het onttrekken of kunstmatig aanvullen van grondwater.	mer-plicht bij: Een hoeveelheid water van 10 miljoen m ³ of meer per jaar

Onder de Omgevingswet is sprake van een mer-plichtige activiteit. Het gehele tracé, inclusief hergebruikte bestaande leidingen, is meer dan 40 km en over een groot deel van het tracé hebben de leidingen een diameter van meer dan 0,8 m. Gezien de omvang van het project en omwille van zorgvuldige besluitvorming wordt voor WN Groningen de mer-procedure doorlopen, ongeacht of dit wel of niet wettelijk verplicht is. Dit betekent dat een milieueffectrapport (MER) wordt opgesteld.

1.3.3 Het verdere verloop van de procedure

De Projectprocedure bestaat uit twee fasen: een verkenningsfase waarin het VKA wordt vastgesteld, en een planuitwerkingsfase, waarin het VKA nader uitgewerkt wordt. Ten behoeve van de keuze van het VKA is het separaat bijgevoegde MER Fase 1 opgesteld waarin de milieueffecten van de alternatieven in beeld gebracht worden. De tracés van de alternatieven zijn nu nog deels indicatief en de wijze van aanleg is globaal uitgewerkt. De tracés en milieueffecten zijn in beeld gebracht op een detailniveau dat voldoende is om een keuze te maken tussen de tracéalternatieven.

De voorliggende IEA, het MER en het concept VKA worden ter inzage gelegd en er kunnen reacties ingediend worden. Deze reacties en het advies van de commissie mer worden meegenomen voor de vaststelling van het VKA.

Na de vaststelling van het VKA wordt het gekozen tracé en de wijze van aanleg nader uitgewerkt. Hierbij wordt een MER Fase 2 opgesteld. Het detailniveau van de beschrijving van de milieueffecten wordt in fase 2 gedetailleerder, passend bij het niveau van de uitwerking. Mogelijk zijn er in deze fase nog varianten, op een kleiner schaalniveau dan de alternatieven, die afgewogen moeten worden.

1.3.4 Initiatiefnemer en bevoegd gezag

Hynetwork Services (HNS) is de initiatiefnemer van het project Waterstofnetwerk Groningen, op verzoek van het Kabinet. HNS is verantwoordelijk voor de ontwikkeling en het beheer van het landelijke waterstofnetwerk nadat de bestaande leidingen van Gasunie Transport Services (GTS) aan HNS zijn overgedragen. Deze overdracht zal in fasen plaatsvinden. HNS en GTS zijn beide volledige dochterondernemingen van de N.V. Nederlandse Gasunie.

De minister voor Klimaat en Energie en de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) zijn samen het bevoegd gezag voor het projectbesluit en mer-procedure. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK) coördineert de procedure³.

Gemeenten, provincies en waterschappen, ministeries (BZK en IenW) en de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed spelen een adviserende rol en zijn het bevoegd gezag voor de coördinatie van lokale vergunningen en ontheffingen.

³ Besluit Toepassing van de Rijkscoördinatieregeling op de landelijke infrastructuur voor het transport van waterstofgas. Staatscourant 20-4-2022 nr. 11156. Link: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2022-11156.html>

1.4 Korte beschrijving alternatieven

Om een goede beschrijving van de tracés te geven, is WN Groningen opgedeeld in verschillende deelgebieden. Figuur 1-1 toont de tracés van alle vier deelgebieden. De opdeling is gebaseerd op de aard van de leiding en/of het bestaan van verschillende alternatieven. De deelgebieden zijn:

Eemshaven – Tjuchem: Nieuwbouwtracé met drie alternatieven.

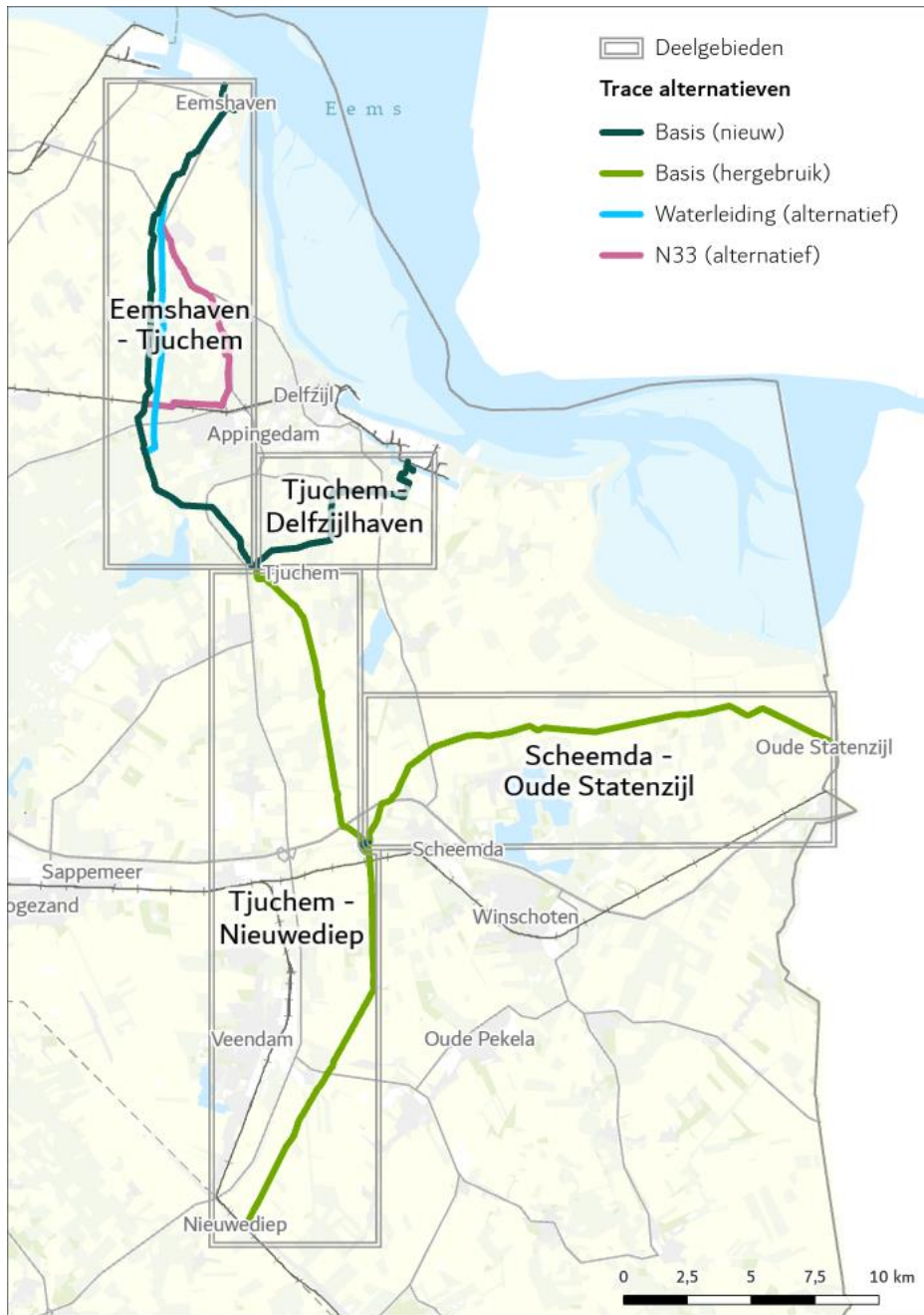
- Bundeling met de bestaande gasleidingen van Gasunie in de indicatieve SVB-strook
- Bundeling met de waterleiding van het Waterbedrijf Groningen
- Bundeling met de N33

Tjuchem – Delfzijl: Nieuwbouwtracé (geen alternatieven)⁴

Tjuchem – Nieuwediep: Hergebruik van bestaande leidingen

Scheemda – Oude Statenzijl: Hergebruik van bestaande leidingen, met uitzondering van circa 300 meter nieuwbouwtracé om afsluiterlocatie S-436 Scheemda H₂ te verbinden met de A-513. Het is een aftakking van het tracé Tjuchem – Nieuwediep met als hoofddoel het maken van een verbinding met het toekomstige Duitse waterstofnetwerk.

⁴ [Afwegingsnotitie-Concept-Notitie-Reikwijdte-en-Detailniveau-Waterstofnetwerk-Groningen.pdf \(rvo.nl\)](#)



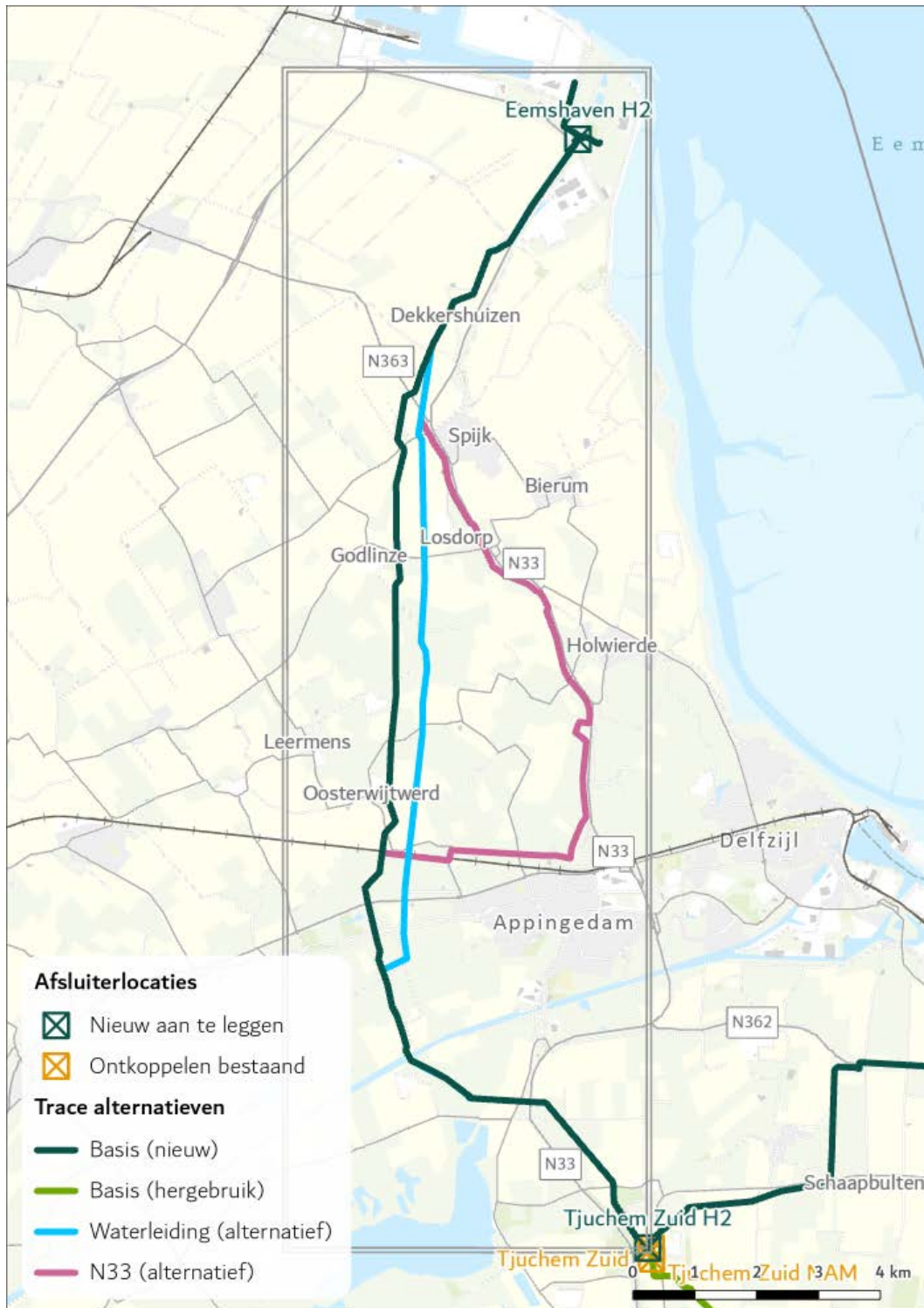
Figuur 2-1 Deelgebieden met tracés

1.4.1 Deelgebied Eemshaven – Tjuchem

Het eerste deelgebied loopt tussen de producenten van waterstof in de Eemshaven en de afsluiterlocatie in Tjuchem, vanaf waar de bestaande aardgastransportleiding kan worden gebruikt richting Ommen/Vilsteren. In dit deelgebied bevinden zich geen bestaande aardgasleidingen die beschikbaar zijn voor hergebruik (principe 1). Daarbij is de SVB-strook tussen Eemshaven en Eemskanaal slechts indicatief (principe 2). Daarmee is bundeling met bestaande infrastructuur (principe 3) leidend voor de ontwikkeling van een tracé. Voor het tracé in dit deelgebied zijn drie alternatieven op het oog (zie Figuur 2-2 en gedetailleerde kaarten in Bijlage C):

1. Bundeling met de bestaande gasleidingen van Gasunie in of nabij de indicatieve SVB-strook
2. Bundeling met de waterleidingen van het Waterbedrijf Groningen
3. Bundeling met de N33

Het gebied tussen de Eemshaven en Tjuchem ligt binnen de gemeenten Het Hogeland, Eemsdelta en Midden-Groningen en bestaat voornamelijk uit open agrarisch gebied, met uitzondering van het startpunt in de Eemshaven, wat een haven- en industriegebied is. Het gebied net ten zuiden van de Eemshaven is op dit moment open agrarisch gebied met windmolens, maar dit gebied zal worden ontwikkeld tot industriegebied. Het tracé start bij de twee invoerpunten voor waterstof van energieleveranciers vanaf waar aansluitleidingen richting de centrale afsluiterlocatie in de Eemshaven worden aangelegd. De tracés binnen de Eemshaven naar de afsluiterlocatie zijn nog indicatief. Vanaf deze afsluiterlocatie in de Eemshaven kruist het tracé de N33 en loopt het westelijk langs de N33 tot voorbij de kruising met de Oostpolderweg, tevens de grens tussen de gemeenten Het Hogeland en Eemsdelta. Vanaf daar is een alternatief tracés mogelijk. Bij de kruising met de N363 splitst dit alternatief zich opnieuw. De alternatieven zijn na de figuur toegelicht.



Figuur 2-2 Tracéalternatieven Eemshaven – Tjuchem. Gedetailleerdere tracékaarten zijn opgenomen in Bijlage C.

Alternatief bundeling gasleidingen (basis)

Dit alternatief volgt zo veel als mogelijk de bestaande aardgastransportleidingen A-543 en A-610 van Gasunie. Na de kruising met de Oostpolderweg wordt echter kort van dit principe afgeweken; daar wordt gekozen om de (indicatieve) SVB-strook te volgen. Die keuze is gemaakt omdat er tussen de N33 en de bebouwing aan de Oostpolderweg 6 te weinig ruimte beschikbaar is. Na circa 700 meter sluit het tracé ten noorden van Dekkershuizen aan op de bestaande aardgastransportleidingen. Bij Dekkershuizen wordt iets afgeweken van de SVB-strook, om de bestaande leidingen te volgen. Voorbij Dekkershuizen volgen de bestaande leidingen de SVB-strook ten oosten van Godlinze tot aan de kruising met de N-509-93 leiding en de waterloop ten noorden van Oosterwijtwerd. Vanaf daar wijkt het tracé af van de

SVB-strook door de bestaande leidingen net ten oosten van Oosterwijtwerd te volgen. Net voor de kruising met de spoorlijn Groningen – Delfzijl komen het tracé en de SVB-strook weer samen om ten westen van Appingedam richting het zuiden te lopen. Het tracé kruist achtereenvolgens het Damsterdiep, het Eemskanaal en De Groeve ten noorden van het Schildmeer. Vanaf de kruising met De Groeve loopt het tracé in westelijke richting en kruist de N33, om vervolgens ten oosten van de N33 richting Tjuchem te gaan. Net ten noorden van Tjuchem kruist het bestaande tracé de N33, alsmede het geplande nieuwe tracé van de N33 (project N33 Midden), en loopt vervolgens ten oosten van de beoogde N33 richting de afsluiterlocatie ten zuiden van Tjuchem.

Alternatief bundeling waterleiding

Dit tracé loopt gelijk aan het vorige alternatief tot aan de kruising van de Lage Trijnweg. Daarna volgt dit alternatief zo veel als mogelijk het tracé van de recentelijk aangelegde hoofdwaterleidingen van het Waterbedrijf Groningen. Bij de kruising van de Lage Trijnweg buigt het tracé iets af richting het oosten, om op circa 400 meter ten oosten van de bestaande buisleidingen richting het zuiden te lopen. Het tracé loopt daarmee niet direct langs Godlinze, maar midden tussen Godlinze en Losdorp door. Voorbij de kruising met het Damsterdiep ter hoogte van de Keerweesterweg buigt het tracé naar het westen om daar weer aan te sluiten op de bestaande buisleidingen en de SVB-strook. Vanaf daar volgt dit tracé het eerder besproken alternatief richting Tjuchem.

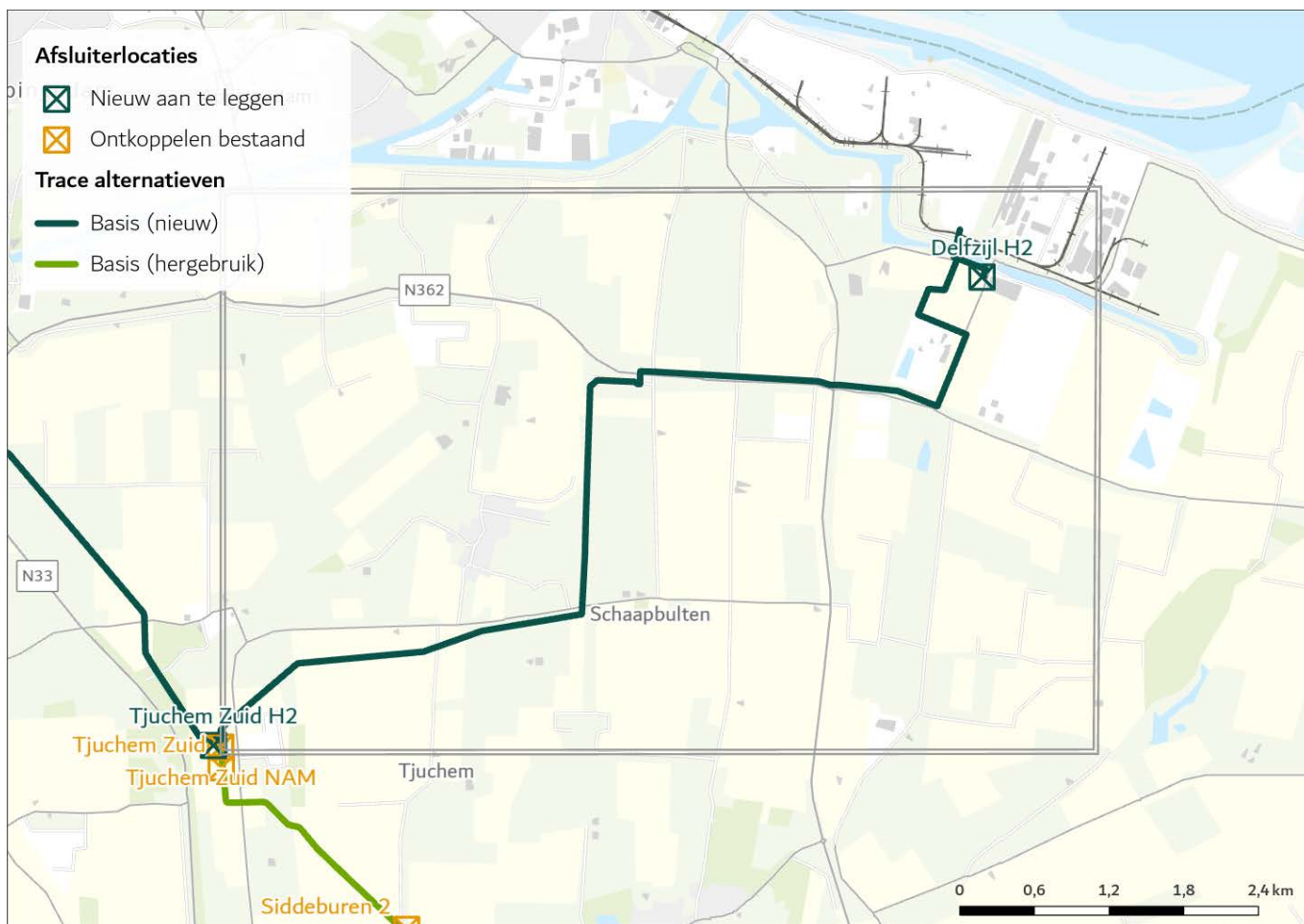
Alternatief bundeling N33

Dit alternatief is een aangepaste versie van het N33 alternatief zoals dat in 2012 is onderzocht voor de toenmalige Regionale Buizenzone Eemsdelta. Dit alternatief loopt voor een groot deel parallel aan de N33.

Dit tracé loopt gelijk aan het vorige alternatief tot aan de kruising van de Lage Trijnweg. Vanaf daar loopt het tracé richting de N33 om direct ten westen van de N33 richting het zuiden te lopen. De tracélijn van het N33 tracé alternatief ligt zoveel mogelijk op minimaal 40 meter van de bermsloot zodat een toekomstige verbreding van de N33 mogelijk blijft. Ter hoogte van de Krommeweg (Losdorp) en Feldwerderweg (Oldenklooster) is het vanwege bestaande bebouwingsclusters dichtbij de N33 niet mogelijk om de tracélijn op te schuiven met inachtneming van het bundelingsprincipe. Daarom ligt het tracé alternatief hier dicht bij de N33. Iets ten noorden van de spoorlijn Groningen – Delfzijl buigt het tracé af richting het westen. Het tracé loopt aan de noordzijde van de spoorlijn om zo doorsnijding van een terrein van zeer hoge archeologische waarde aan de zuidzijde van de spoorlijn te voorkomen. Ten westen van de weg Damsterdiep kruist het tracé de spoorlijn en loopt vervolgens aan de zuidkant van de spoorlijn parallel aan het spoor westwaarts, om daarna aan te sluiten op het tracé van het eerste alternatief richting Tjuchem.

1.4.2 Deelgebied Tjuchem – Delfzijl

Het tweede deelgebied is het gebied tussen de afsluiterlocatie in Tjuchem en de noordkant van de kruising met de Oosterhaven, ten westen van een voorziene afsluiterlocatie Delfzijl op het industrieterrein Oosterhorn. In dit deelgebied bevinden zich geen bestaande aardgasleidingen die beschikbaar zijn voor hergebruik (principe 1) en loopt er geen SVB-strook van de afsluiterlocatie in Tjuchem naar Delfzijl (principe 2), daarmee is bundeling met bestaande infrastructuur (principe 3) leidend voor de ontwikkeling van een tracé. Hierbij is gekozen voor zoveel mogelijk bundeling met de bestaande aardgasleidingen A-649 en A-509-03 om lintbebouwing langs de weg te ontzien. Er is daarom maar één alternatief in dit deelgebied. Dit deelgebied beslaat de gemeenten Midden-Groningen en Eemsdelta. Ook dit deelgebied bestaat voornamelijk uit open agrarisch gebied. Het gebied ten zuiden van de Oosterhaven waar de afsluiterlocatie is voorzien, is bestemd als bedrijventerrein en biedt de ruimte voor windturbines.

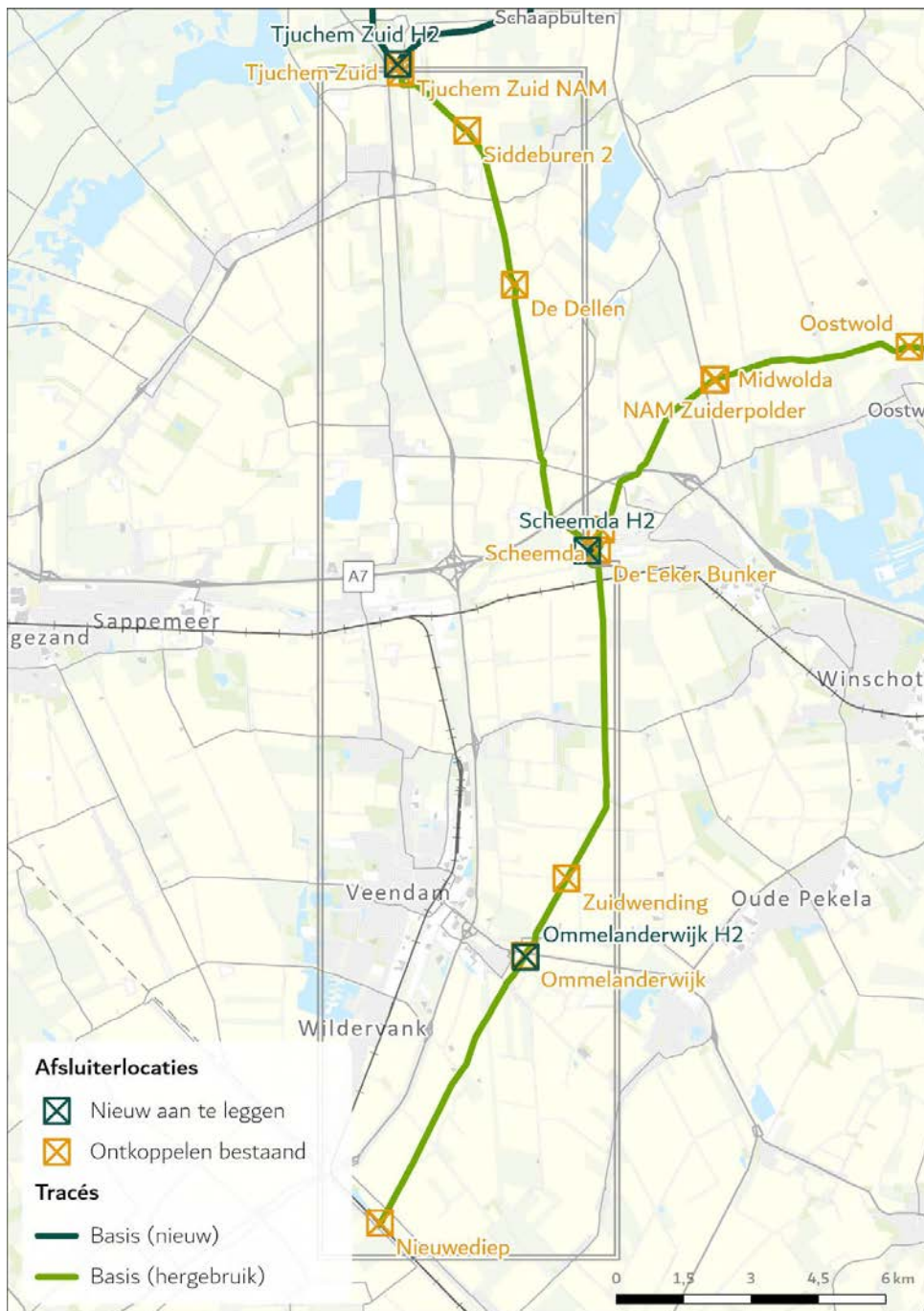


Figuur 2-3 Tracé Tjuchem – Delfzijlhaven. In dit deelgebied wordt één tracéalternatief verkend.

Het tracé start bij de afsluiterlocatie in Tjuchem en volgt de bestaande aardgastransportleidingen A-649 en A-509-03 ten zuiden van de Weereweg richting het oosten. Vóór het buurtschap Schaapbulten buigt het tracé af naar het noorden tot aan de N362. Vanaf daar lopen de bestaande buisleidingen in noordoostelijke richting naar het Oosterhornkanaal. In dit gebied liggen echter al zo veel kabels en leidingen in de grond dat de ruimte voor een extra leiding te beperkt is. Het tracé voor de waterstoftransportleiding wijkt daarom bij de N362 af van de bestaande leidingen door eerst de N362/Warvenweg in oostelijke richting te blijven volgen, om vervolgens bij de Kloosterlaan naar het noorden toe af te buigen. Voorbij de ESD-SIC fabriek buigt het tracé eerst naar het westen, en vervolgens weer naar het noorden richting het Oosterhornkanaal. Daar buigt het tracé terug naar het oosten tot aan de nieuwe waterstofafsluiterlocatie aan de noordkant van de Kloosterlaan. Vanaf dit punt takt een toekomstige aansluitleiding af en kruist het Oosterhornkanaal ter voorbereiding op toekomstige bedrijfsaansluitingen aan de noordkant van het Oosterhornkanaal (Heveskes). Het tracé eindigt bij het noordelijke punt waar deze boring bovengronds komt, onder het Oosterhornkanaal.

1.4.3 Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep

Het derde deelgebied beslaat het stuk tussen de afsluiterlocatie in Tjuchem en de afsluiterlocatie in Nieuwediep aan de provinciale grens. Voor dit deelgebied zijn de bestaande aardgastransportleidingen A-519 en A-619 beschikbaar voor hergebruik (principe 1). Het tracé in dit deelgebied doorkruist de gemeenten Oldambt, Midden-Groningen en Veendam. Dit deelgebied bestaat met name uit open agrarische gronden, maar hier is ook lintbebouwing aanwezig.

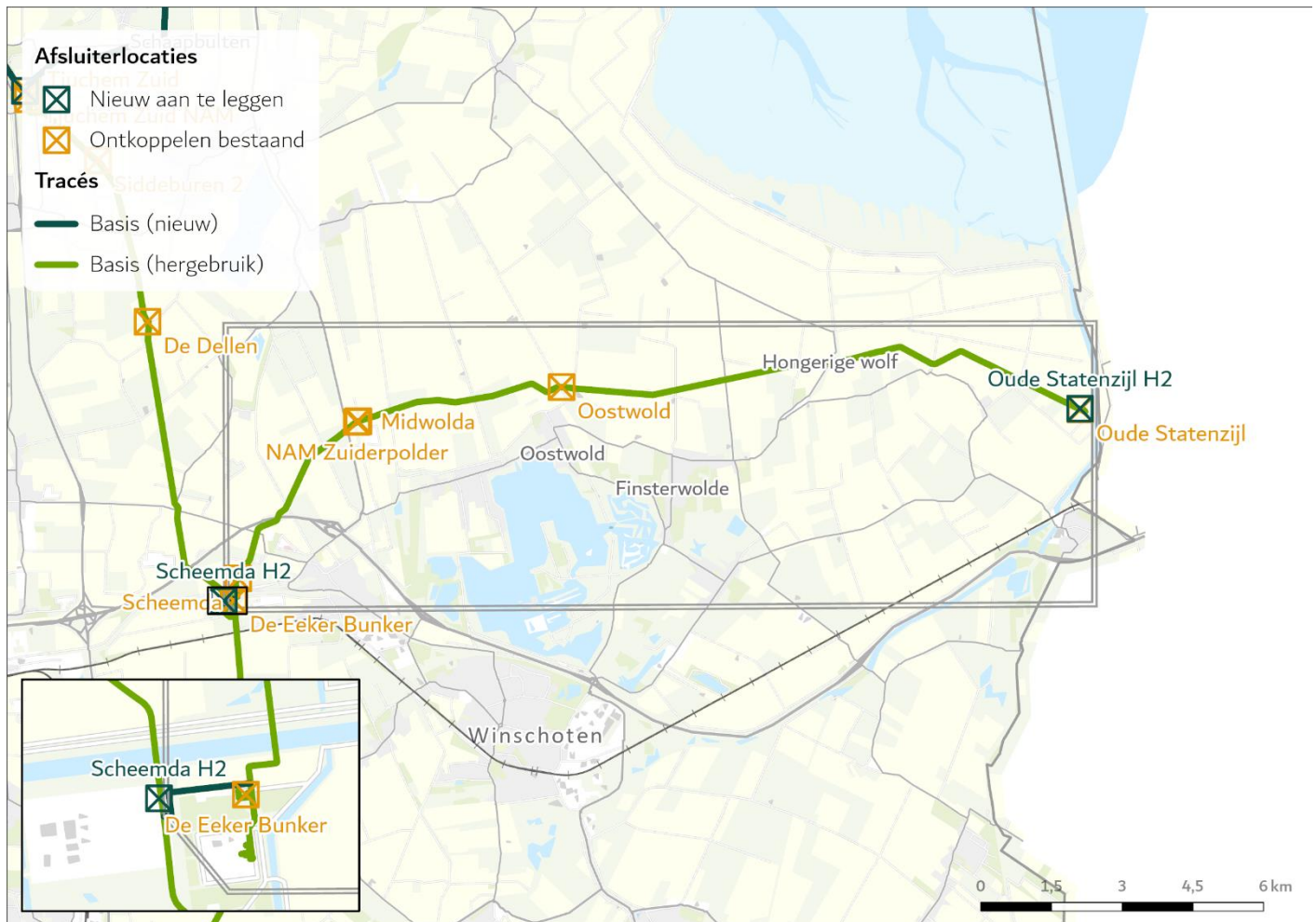


Figuur 2-4 Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep.

De bestaande, te hergebruiken leiding loopt vanaf de afsluiterlocatie in Tjuchem richting het zuidoosten om vervolgens op circa 3 kilometer ten oosten van de N33 parallel aan deze weg te lopen. Bij de kruising met de A7 buigt de leiding iets af naar het zuidoosten om vervolgens het Winschoterdiep te kruisen en aan te sluiten op de afsluiterlocatie Scheemda. Vanaf die afsluiterlocatie loopt het tracé opnieuw parallel aan de N33 tot aan het hoogspanningsstation Meeden, bij de gemeentegrens van Midden-Groningen en Veendam. Vanaf de gemeentegrens buigt het tracé naar het zuidwesten richting Ommelanderwijk. Daarbij doorkruist de leiding de lintbebouwing van Zuidwending. Voorbij deze lintbebouwing kruist de leiding de N366 om vervolgens aan te sluiten op de afsluiterlocatie Ommelanderwijk. Vanaf deze afsluiterlocatie kan gebruik worden gemaakt van de bestaande aardgastransportleiding A-619 richting de afsluiterlocatie Nieuwediep.

1.4.4 Deelgebied Scheemda – Oude Stanzijl

Het laatste deelgebied loopt van de nieuw te realiseren afsluiterlocatie S-436 Scheemda H₂ tot aan de nieuw te realiseren afsluiterlocatie S-447 Oude Stanzijl H₂, nabij de grens met Duitsland. Voor dit deelgebied is de bestaande aardgastransportleiding A-513 beschikbaar voor hergebruik (principe 1). Wel is er ongeveer 300m nieuwe leiding nodig om afsluiterlocatie S-436 Scheemda H₂ te verbinden met de A-513. Dit deelgebied ligt volledig in de gemeente Oldambt.



Figuur 2-5 Tracé Scheemda – Oude Stanzijl

De bestaande leiding A-513 loopt ten oosten van afsluiterlocatie S-436 Scheemda H₂ en kruist daar het Winschoterdiep. Vervolgens loopt het tracé naar het noorden om ten noordwesten van het Ommelander Ziekenhuis Groningen de A7 te kruisen. Vervolgens buigt de leiding af richting het oosten om in een ruime bocht om de kernen Midwolda, Oostwold en Finsterwolde heen te gaan. Het tracé kruist wel het buurtschap Hongerige Wolf om vervolgens aan te sluiten op de nieuw te realiseren afsluiterlocatie S-447 Oude Stanzijl H₂, op het bestaande exportstation Oude Stanzijl van Gasunie.

2 Milieueffecten

2.1 Inleiding

Het milieueffectrapport (MER) geeft inzicht in de mogelijke milieueffecten van de aanleg en exploitatie van het Waterstofnetwerk Groningen. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste milieueffecten beschreven zoals die blijken uit het MER: het gaat hierbij om de grootste positieve (+ of ++) of negatieve effecten (- of --), en de effecten waarin in het deelgebied Eemshaven – Tjuchem onderscheid is tussen de alternatieven. In paragraaf 2.2 wordt voor elk onderdeel van het project benoemd wat de milieuaspecten zijn waar zich de belangrijkste effecten voordoen. In paragraaf 2.3 wordt per deelgebied dieper ingegaan op meest relevante of onderscheidende effecten. Dit hoofdstuk geeft dus geen volledig overzicht van alle milieueffecten van het project; de volledige tabellen met alle milieueffectbeoordelingen per deelgebied zijn te vinden in Bijlage A.

2.2 Overzicht op hoofdlijnen

In deze paragraaf wordt op hoofdlijnen benoemd in welke mer-thema's relevante milieueffecten zijn binnen de verschillende deelgebieden: de effecten die het meest omvangrijk zijn of onderscheidend tussen de alternatieven in deelgebied Eemshaven - Tjuchem. Ook wordt in de onderstaande tabel per thema aangegeven of de milieueffecten optreden in de aanleg- of de gebruiksfase van het waterstofnetwerk. De gevonden effecten worden in paragraaf 2.3 nader toegelicht.

Tabel 2-1 Overzicht thema's met grootste effecten en onderscheidende effecten per deelgebied voor de aanleg- en gebruiksfase

Thema	Eemshaven – Tjuchem		Tjuchem – Delfzijl		Tjuchem - Nieuwediep		Scheemda – Oude Statenzijl	
	Aanleg	Gebruik	Aanleg	Gebruik	Aanleg	Gebruik	Aanleg	Gebruik
Bodem	✓							
Water			✓					
Natuur	✓		✓		✓		✓	
Landschap, cultuurhistorie en archeologie	✓	✓	✓	✓				
Externe veiligheid		✓		✓				
Geluid en trillingen	✓							
Ruimtegebruik	✓							
Duurzaamheid	✓		✓		✓		✓	
Ontplofbare oorlogsresten	✓		✓					

2.3 Deelgebied Eemshaven – Tjuchem

Tabel 2-2 Beoordelingstabel milieueffecten Deelgebied Eemshaven – Tjuchem; Niet onderscheidende effecten zijn grijsgekleurd

Thema	Aspect	Criterium	Basis	Water-leiding	N33
Bodem	Bodemkwaliteit	Beïnvloeding bodemkwaliteit	0	0/+	0
	Zettingen	Beïnvloeding gebouwen door bemaling	-	-	--
		Beïnvloeding stabiliteit van waterkeringen	-	-	-
Water	Grondwater	Beïnvloeding grondwaterkwantiteit en -kwaliteit	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Beïnvloeding oppervlaktewaterkwantiteit en -kwaliteit	0/-	0/-	0/-
Natuur	Beschermd gebieden	Natura 2000	--	--	--
		NNN-gebieden	0	0	0
		Vogel leef- en foerageergebieden	0/-	0/-	0/-
	Natuurlijke landschapselementen	Doorkruisen of aantasten natuurlijke landschapselementen	0/-	0/-	--
	Beschermd soorten	Hoeveelheid beschermde soorten	--	--	--
		Lengte open ontgraving door leefgebied	-	-	--
Landschap, cultuurhistorie en archeologie	Landschap	Aantasting van natuurlijk landschappelijke en aardkundige waarden	0/-	0/-	0/-
		Beïnvloeding van groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen	0/-	0/-	0/-
	Cultuurhistorie	Aantasting van cultuurhistorische waarden	-	-	-
	Archeologie	Raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden	--	--	--
		Aantasting van archeologisch waardevolle (bekende) terreinen	--	--	--
Externe Veiligheid	Plaatsgebonden risico	Veiligheidscontouren	--	--	--
	Groepsrisico	Gebouwen/locaties binnen brandaandachtsgebied	-	0/-	--
	Impact toekomstige ontwikkelingen	Nieuw brandaandachtsgebied	0/-	-	--
Geluid en trillingen	Geluidhinder	Geluid in de aanlegfase	0/-	0/-	-
	Trillingshinder	Trillingen in de aanlegfase	0/-	0/-	-
Ruimtegebruik	Wonen, werken, recreatie en overig	Raakvlak met functies	0/-	0/-	0/-
		Beperking voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen	0	0	0
	Landbouw	Raakvlak met functies	--	--	--
	Verkeer	Verkeershinder	0	0	0
Duurzaamheid	Energie en CO ₂	Energiegebruik en CO ₂ uitstoot	--	--	--
	Circulariteit	Grondstofgebruik	--	--	--
Ontpofbare Oorlogsresten	Ontpofbare Oorlogsresten	Risico op aanwezigheid van ontpofbare oorlogsresten	+	+	+

2.3.1 Niet onderscheidende aspecten

Voor een aantal onderzochte milieuaspecten geldt dat deze niet onderscheidend zijn voor de verschillende alternatieven in dit deelgebied. Wel zijn er aandachtspunten in relatie tot deze milieuaspecten die in het vervolgtraject moeten worden meegenomen. Deze worden hieronder per thema toegelicht.

Bodem

Voor de drie alternatieven geldt dat er 3 waterkeringen in het invloedsgebied van de bemalingen. Dat geeft een risico op zettingsschade. In een volgende fase kan de mogelijkheid tot tracéoptimalisatie en mitigerende maatregelen (bijvoorbeeld het plaatsen van damwanden) worden onderzocht om het risico te reduceren. Daar waar bemaling toegepast wordt, dienen zettingsberekeningen uitgevoerd worden voor de aangegeven maatgevende panden, waterkeringen en spoorlijnen. Afhankelijk van de uitkomst van de zettingsberekeningen en eventuele verplaatsingsberekeningen wordt locatie specifieke monitoring aanbevolen. Een algemene monitoring van de bemaling wordt aanbevolen door gebruik te maken van de nog te plaatsen projectpeilbuizen.

Natuur

Voor het aspect gebiedsbescherming geldt dat alle alternatieven niet binnen Natura 2000-gebieden liggen, maar wel op minder dan 5 kilometer afstand. Door deze afstand kunnen directe effecten op Natura 2000-gebieden (zoals verstoring) uitgesloten worden, maar zijn effecten door stikstofdepositie in de aanlegfase niet uit te sluiten. Stikstofdepositie is een risico voor de vergunbaarheid omdat het (significant) negatieve effecten op habitattypen en/of leefgebieden kan veroorzaken. Daarom is een Aerius berekening nodig om de daadwerkelijke stikstofdepositie in beeld te brengen. Deze zal worden uitgevoerd in fase 2. Voor de afweging van de alternatieven is stikstofdepositie naar verwachting niet onderscheidend. Stikstofdepositie is te verminderen door gebruik te maken van materieel dat minder stikstof uitstoot (o.a. elektrisch), gebruik te maken van stikstoffilters voor op bouw materieel en/of diep ploegen.

Wat betreft beschermde soorten geldt dat bij alle alternatieven meer dan 3 beschermde soorten voorkomen binnen de werksfeer van het tracé, waardoor mogelijk negatieve effecten op deze soorten kunnen optreden. Door toepassing van ecologische werkprotocollen tijdens de aanlegfase, kunnen deze effecten mogelijk voorkomen worden. Dit is nader uit te werken in de vervolgfase.

Landschap, cultuurhistorie en archeologie

Er is bij alle alternatieven sprake van aantasting van de directe omgeving (bomenrijen) en/of karakteristieke panden, waaronder Rijksmonumenten (Oostpolderweg 6-8/Damsterweg 41) en van karakteristieke waterlopen, dijk- en wegenpatronen waarbij het historisch profiel mogelijk wordt aangetast. Negatieve effecten kunnen worden gemitigeerd als sleufloze aanlegmethode wordt gehanteerd of als de landschappelijke situatie na uitvoering van de werkzaamheden wordt hersteld naar de referentiesituatie. Bij de kruising van historische dijken worden al boringen toegepast om negatieve effecten te verminderen.

Tevens is er vanwege raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden een noodzaak tot vervolgonderzoek. Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten. Daarnaast is er door doorsnijding van meerdere (buffers rond) AMK-terreinen naar verwachting sprake van aantasting van archeologisch waardevolle terreinen, en is er noodzaak tot vervolgonderzoek. Dit geldt voor alle alternatieven.

Externe veiligheid

Alleen voor een van de aansluitleidingen in de Eemshaven geldt dat er een beperkt kwetsbaar gebouw binnen de plaatsgebonden risicocontour⁵ van de leiding liggen als gevolg van de windturbines in de nabijheid van de leiding. Deze leiding is voor alle alternatieven gelijk en daarmee niet onderscheidend.

⁵ De plaatsgebonden risicocontour is de PR 10⁻⁶ contour. Binnen de PR 10⁻⁶ per jaar contour van een waterstofleiding is de kans op het overlijden van een onbeschermd en continu aanwezig persoon als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval met die waterstofleiding dus groter dan 1 op de 1.000.000 per jaar (10⁻⁶ per jaar)

Ruimtegebruik

Voor alle alternatieven ligt veruit het grootste deel van het tracé op landbouwgrond met een totale doorsnijding (agrarisch en agrarisch met waarden samen) van meer dan 20 km.

Duurzaamheid

Bij alle alternatieven bedraagt de nieuwbouw meer dan 20 km. Daardoor is er sprake van een grote hoeveelheid energiegebruik en toename van CO₂ als gevolg van de aanleg van het waterstofnetwerk. Hiermee is ook sprake van een grote hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen. Mitigerende maatregelen betreffen het gebruik van duurzamere materialen en het toepassen van zero-emissie bouwmaterieel tijdens de aanlegfase.

Ontpofbare oorlogsresten

Voor alle alternatieven geldt dat het onderzochte gebied deels verdacht is op de aanwezigheid van ontpofbare oorlogsresten. Door onderzoek en eventuele verwijdering van ontpofbare oorlogsresten voorafgaand aan de werkzaamheden zal de situatie ter plekke verbeteren.

2.3.2 Onderscheidende aspecten

Uit de milieueffectbeoordeling blijkt dat de alternatieven op een aantal milieuaspecten verschillend scoren. Deze aspecten kunnen daarmee bepalend zijn voor de keuze van het VKA.

Bodem

Voor het **basis alternatief** en **N33 alternatief** geldt dat de verwachte kwaliteit van de bodem voor het grootste deel voldoet aan de achtergrondwaarde. Voor het **waterleiding alternatief** geldt dat een aanwezige bodemverontreinigingen gesaneerd moet worden waardoor de bodemkwaliteit verbetert.

Voor het **basis alternatief** en **waterleiding alternatief** geldt dat er rond de 20 panden van voor 1970 binnen het invloedsgebied van de bemalingen liggen. Voor het **N33 alternatief** betreffen dit circa 90 panden.

Natuur

Voor het **basis alternatief** en **waterleiding alternatief** geldt dat er 4 tot 5 natuurlijke landschapselementen worden doorkruist met open ontgraving. Al deze natuurlijke landschapselementen bevatten ecologische waarden en ondervinden een tijdelijk effect van de werkzaamheden. Het **N33 alternatief** doorkruist zeven natuurlijke landschapselementen met ecologische waarden waarvan één een permanent effect ondervindt, namelijk kapwerkzaamheden zonder herbeplanting.

Voor het **basis alternatief** en **waterleiding alternatief** geldt dat er tussen de 5 en 20 kilometer aan open ontgraving zal plaatsvinden door leefgebied van beschermde soorten. Bij het **N33 alternatief** zal meer dan 20 kilometer open ontgraving door leefgebied gaan.

Externe Veiligheid

Bij alle alternatieven bevinden zich kwetsbare gebouwen / locaties binnen het brandaandachtsgebied⁶. Bij het **basis alternatief** gaat het om 122 kwetsbare gebouwen / locaties. Een deel hiervan bevindt zich nabij buurtschappen / dorpen / steden met een gemiddelde bevolkingsdichtheid. Bij het **waterleiding alternatief** bevinden zich 37 kwetsbare gebouwen / locaties binnen het brandaandachtsgebied, de bevolkingsdichtheid is hier klein. Er bevinden zich 422 kwetsbare gebouwen / locaties binnen het brandaandachtsgebied van het **N33 alternatief**. Vanwege de ligging van het tracé nabij Appingedam is de bevolkingsdichtheid groot. De fN-curve van de groepsrisico berekeningen ligt voor alle drie de alternatieven onder de oriëntatiewaarde. Bij het **basis alternatief** ligt deze er ruim onder en bij het **waterleiding alternatief** is er geen sprake van een groepsrisico, bij het **N33 alternatief** is het groepsrisico het hoogst.

In alle alternatieven is er overlap van het nieuwe brandaandachtsgebied door het waterstofnetwerk en bestaande brandaandachtsgebieden van voornamelijk aardgasleidingen maar ook van de N33 waarover gevaarlijke stoffen

⁶ De brandaandachtsgebieden (op kaart) zijn opgenomen in het achtergrondrapport Externe Veiligheid behorende bij de MER Waterstofnetwerk Groningen Fase 1.

worden vervoerd. Wel is er verschil tussen de alternatieven. Bij het **basis alternatief** ligt het brandaandachtsgebied van de waterstofleiding grotendeels binnen het brandaandachtsgebied van bestaande leidingen, bij het **waterleiding alternatief** is dit maar deels het geval doordat deze verder van de bestaande aardgasleidingen is verwijderd. Het brandaandachtsgebied van de **N33** is veel kleiner en hier ligt geen aardgasleiding, daarom ligt het brandaandachtsgebied van de waterstofleiding grotendeels buiten bestaand brandaandachtsgebied.

Geluid en trillingen

Voor het **basis alternatief** en **waterleiding alternatief** geldt dat er een beperkt geluidseffect op de omliggende geluidsgevoelige omgeving wordt verwacht, omdat bij circa 45 tot 56 woningen een geluidsbelasting van >50 dB(A) zal optreden bij de werkzaamheden. Bij het **N33 alternatief** wordt een groter geluidseffect verwacht, omdat het hier om circa 102 tot 109 woningen gaat. Echter, zal voor dit tracé – doordat gebundeld wordt met spoor en weg – het geluid vanwege de aanlegwerkzaamheden mogelijk worden gemaskeerd door het weg- en railverkeer, waardoor dit cumulatief (van alle bronnen gezamenlijk) minder hinderlijk is voor de bewoners omdat er al geluid aanwezig is ter plaatse. Om geluidsoverlast in de aanlegfase te beperken zijn verschillende mitigerende maatregelen mogelijk. Zo kan er gebruik worden gemaakt van stiller materiaal of kunnen er tijdelijk geluid reducerende schermen geplaatst worden. In fase 2 zal nader worden bepaald of er (mitigerende) maatregelen noodzakelijk zijn of dat er gewerkt kan gaan worden met ontheffingen.

Voor het **basis alternatief** en **waterleiding alternatief** geldt dat er beperkte trillinghinder op de omliggende omgeving wordt verwacht. Bij het N33 alternatief wordt er meer trillinghinder verwacht.

2.4 Deelgebied Tjuchem – Delfzijl

In dit deelgebied zijn geen alternatieven aanwezig. Wel heeft het waterstofnetwerk mogelijke milieueffecten tot gevolg. Deze milieueffecten zijn niet onderscheidend om te komen tot een keuze voor een VKA, maar betreffen wel een aandachtspunt waar rekening mee gehouden dient te worden. De milieueffecten die het meest omvangrijk zijn, zijn onder de tabel toegelicht.

Tabel 2-3 Beoordelingstabel milieueffecten Deelgebied Tjuchem – Delfzijl; minder omvangrijke effecten zijn grijsgekleurd

Thema	Aspect	Criterium	Score
Bodem	Bodemkwaliteit	Beïnvloeding bodemkwaliteit	0
	Zettingen	Beïnvloeding gebouwen door bemaling	0
		Beïnvloeding stabiliteit van waterkeringen	-
Water	Grondwater	Beïnvloeding grondwaterkwantiteit en kwaliteit	-
	Oppervlaktewater	Beïnvloeding oppervlaktewaterkwantiteit en -kwaliteit	0/-
Natuur	Beschermde gebieden	Natura 2000	--
		NNN-gebieden	0
		Vogel leef- en foerageergebieden	0
	Natuurlijke landschapselementen	Doorkruisen of aantasten natuurlijke landschapselementen	0/-
	Beschermde soorten	Hoeveelheid beschermde soorten	--
		Lengte open ontgraving door leefgebied	-
Landschap, cultuurhistorie en archeologie	Landschap	Aantasting van natuurlijk landschappelijke en aardkundige waarden	0
		Beïnvloeding van groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen	0

	Cultuurhistorie	Aantasting van cultuurhistorische waarden	0/-
	Archeologie	Raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden	--
		Aantasting van archeologisch waardevolle (bekende) terreinen	0
Externe Veiligheid	Plaatsgebonden risico	Veiligheidscontouren	--
	Groepsrisico	Gebouwen/locaties binnen brandaandachtsgebied	0/-
	Impact toekomstige ontwikkelingen	Nieuw brandaandachtsgebied	-
Geluid & trillingen	Geluidhinder	Geluid in de aanlegfase	0/-
	Trillingshinder	Trillingen in de aanlegfase	0/-
Ruimtegebruik	Wonen, werken, recreatie en overig	Raakvlak met functies	0
		Beperking voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen	0
	Landbouw	Raakvlak met functies	-
	Verkeer	Verkeershinder	0
Duurzaamheid	Energie en CO ₂	Energiegebruik en CO ₂ uitstoot	-
	Circulariteit	Grondstofgebruik	-
Ontploffbare Oorlogsresten	Ontploffbare Oorlogsresten	Risico op aanwezigheid van ontplofbare oorlogsresten	+

Bodem

Er bevinden zich (vermoedelijk) 2 waterkeringen binnen de invloedsgebieden van de bemalingen. Dat geeft een risico op zettingsschade.

Water

Binnen het invloedsgebied van de bemalingen voor de veldstrekkings en kruisingen bevinden zich enkele verontreinigingscontouren. Bij het uitvoeren van de bemaling bestaat er een risico op het verplaatsen van de verontreinigingen. Er worden zonder mitigerende maatregelen negatieve effecten verwacht op de grondwaterkwaliteit. Voor de locaties waar mogelijk verontreinigingen voorkomen is verkennend onderzoek nodig en moet een aangepast bemalingsadvies opgesteld worden waarbij mogelijke technische oplossingen betrokken worden. Een bemalingsadvies voor alle locaties met gemeten waarde kan gebruikt worden voor het aanvragen van de vergunning voor de Waterwet.

Natuur

De kortste afstand tot N2000 gebied is minder dan 5km. Door deze afstand kunnen directe effecten op Natura 2000-gebieden (zoals verstoring) uitgesloten worden, maar zijn effecten door stikstofdepositie in de aanlegfase niet uit te sluiten. Stikstofdepositie is een risico voor de vergunbaarheid omdat het (significant) negatieve effecten op habitattypen en/of leefgebieden kan veroorzaken. Daarom is een Aeries berekening nodig om de daadwerkelijke stikstofdepositie in beeld te brengen. Deze zal worden uitgevoerd in fase 2. Stikstofdepositie is te verminderen door gebruik te maken van materieel dat minder stikstof uitstoot (o.a. elektrisch), gebruik te maken van stikstoffilters voor op bouwmatieel en/of diepplougen.

Wat betreft beschermde soorten geldt dat meer dan 3 beschermde soorten voorkomen binnen de werksfeer van het tracé en dat er tussen de 5 en 20 kilometer aan open ontgraving zal plaatsvinden door leefgebied van beschermde soorten, waardoor mogelijk negatieve effecten op deze soorten kunnen optreden. Door toepassing van ecologische werkprotocollen tijdens de aanlegfase, kunnen deze effecten mogelijk voorkomen worden. Dit is nader uit te werken in de vervolgfase.

Landschap, cultuurhistorie en archeologie

Er is vanwege raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden een noodzaak tot vervolgonderzoek. Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten.

Externe veiligheid

Voor dit tracé geldt dat een beperkt kwetsbare gebouw binnen de plaatsgebonden risicocontour van de leiding liggen als gevolg van windturbines. Er liggen 11 beperkt kwetsbare gebouwen binnen het brandaandachtsgebied van de leiding. Er is geen sprake van een groepsrisico op basis van een berekende fN-curve. Het brandaandachtsgebied overlapt deels met bestaand brandaandachtsgebied voornamelijk van de naast gelegen bestaande aardgasleiding.

Ruimtegebruik landbouw

Ruim de helft van het tracé in dit deelgebied ligt op agrarisch terrein. De totale doorsnijding is 6,9 km.

Duurzaamheid

De lengte van de nieuwbouw bedraagt circa 10,3 kilometer. Daardoor is er sprake van een matige hoeveelheid energiegebruik en toename van CO₂.

Als gevolg van de aanleg van circa 10,3 kilometer nieuwbouw is er ook sprake van een matige hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen.

Ontplobbare oorlogsresten

Het onderzochte gebied langs het tracé is deels verdacht op de aanwezigheid van ontplofbare oorlogsresten. Door onderzoek en eventuele verwijdering van ontplofbare oorlogsresten voorafgaand aan de werkzaamheden zal de situatie ter plekke verbeteren.

2.5 Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep

Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat volledig uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Vanuit de waterstofleiding vinden er geen negatieve milieueffecten plaats. Wel vinden er negatieve milieueffecten plaats als gevolg van de werkzaamheden aan de afsluiterlocaties. De milieueffecten die het meest omvangrijk zijn, zijn onder de tabel toegelicht.

Tabel 2-4 Beoordelingstabel milieueffecten Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep; minder omvangrijke effecten zijn grijsgekleurd

Thema	Aspect	Criterium	Score
Bodem	Bodemkwaliteit	Beïnvloeding bodemkwaliteit	0
	Zettingen	Beïnvloeding gebouwen door bemaling	0/-
		Beïnvloeding stabiliteit van waterkeringen	0/-
Water	Grondwater	Beïnvloeding grondwaterkwantiteit en	0/-
	Oppervlaktewater	Beïnvloeding oppervlaktewaterkwantiteit en -kwaliteit	0
Natuur	Beschermd gebieden	Natura 2000	-
		NNN-gebieden	0
		Vogel leef- en foerageergebieden	0/-
	Landschap	Doorkruisen of aantasten natuurlijke landschapselementen	0/-

Beschermde soorten		Hoeveelheid beschermde soorten	--
		Lengte open ontgraving door leefgebied	0
Landschap, Cultuurhistorie, Archeologie	Landschap	Aantasting van natuurlijk landschappelijke en aardkundige waarden	0
		Beïnvloeding van groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen	0
	Cultuurhistorie	Aantasting van cultuurhistorische waarden	0
	Archeologie	Raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden	0
Aantasting van archeologisch waardevolle (bekende) terreinen		0	
Externe Veiligheid	Plaatsgebonden risico	Veiligheidscontouren	0
	Groepsrisico	Gebouwen/locaties binnen brandaandachtsgebied	0
	Impact toekomstige ontwikkelingen	Nieuw brandaandachtsgebied	0
Geluid en trillingen	Geluidhinder	Geluid in de aanlegfase	0/-
	Trillingshinder	Trillingen in de aanlegfase	0
Ruimtegebruik	Wonen, werken, recreatie en overig	Raakvlak met functies	0
		Beperking voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen	0
	Landbouw	Raakvlak met functies	0/-
	Verkeer	Verkeershinder	0
Duurzaamheid	Energie en CO ₂	Energiegebruik en CO ₂ uitstoot	0/-
	Circulariteit	Grondstofgebruik	++
Ontpofbare Oorlogsresten	Ontpofbare Oorlogsresten	Risico op aanwezigheid van ontpofbare oorlogsresten	0 - ++

Natuur

De kortste afstand tussen de afsluiterlocaties tot N2000 gebied is tussen de 5 en de 15 kilometer. Door deze afstand kunnen directe effecten op Natura 2000-gebieden (zoals verstoring) uitgesloten worden, maar zijn effecten door stikstofdepositie in de aanlegfase niet uit te sluiten. Stikstofdepositie is een risico voor de vergunbaarheid omdat het (significant) negatieve effecten op habitattypen en/of leefgebieden kan veroorzaken. Daarom is een Aerius berekening nodig om de daadwerkelijke stikstofdepositie in beeld te brengen. Deze zal worden uitgevoerd in fase 2. Stikstofdepositie is te verminderen door gebruik te maken van materieel dat minder stikstof uitstoot (o.a. elektrisch), gebruik te maken van stikstoffilters voor op bouwmatieel en/of diepplougen.

Wat betreft beschermde soorten geldt dat meer dan 3 beschermde soorten voorkomen binnen de werksfeer van de afsluiterlocaties, waardoor mogelijk negatieve effecten op deze soorten kunnen optreden. Door toepassing van ecologische werkprotocollen tijdens de aanlegfase, kunnen deze effecten mogelijk voorkomen worden. Dit is nader uit te werken in de vervolgfase.

Duurzaamheid

Vanwege het hergebruik is er geen sprake van (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen voor de leiding en wordt zeer goed aangesloten bij het circulaire ontwerpprincipes van hergebruik.

2.6 Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl

Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat bijna geheel uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Daarnaast is er ongeveer 300 m aanleg van een nieuwe leiding. De milieueffecten die het meest omvangrijk zijn, zijn onder de tabel toegelicht.

Tabel 2-5 Beoordelingstabel milieueffecten Deelgebied Scheemda – Oude-Statenzijl; minder omvangrijke effecten zijn grijsgekleurd

Thema	Aspect	Criterium	score	
Bodem	Bodemkwaliteit	Beïnvloeding bodemkwaliteit	0/+	
		Zettingen	Beïnvloeding gebouwen door bemaling	0
			Beïnvloeding stabiliteit van waterkeringen	-
Water	Grondwater	Beïnvloeding grondwaterkwantiteit en	0/-	
	Oppervlaktewater	Beïnvloeding oppervlaktewaterkwantiteit en - kwaliteit	0/-	
Natuur	Beschermd gebieden	Natura 2000	--	
		NNN-gebieden	0	
		Vogel leef- en foerageergebieden	-	
	Landschap	Doorkruisen of aantasten natuurlijke landschapselementen	0/-	
	Beschermd soorten	Hoeveelheid beschermde soorten	--	
		Lengte open ontgraving door leefgebied	0/-	
Landschap, Cultuurhistorie, Archeologie	Landschap	Aantasting van natuurlijk landschappelijke en aardkundige waarden	0	
		Beïnvloeding van groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen	0	
	Cultuurhistorie	Aantasting van cultuurhistorische waarden	0	
	Archeologie	Raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden	0/-	
		Aantasting van archeologisch waardevolle (bekende) terreinen	0	
Externe Veiligheid	Plaatsgebonden risico	Veiligheidscontouren	0	
	Groepsrisico	Gebouwen/locaties binnen brandaandachtsgebied	0/+	
	Impact toekomstige ontwikkelingen	Nieuw brandaandachtsgebied	0/+	
Geluid en trillingen	Geluidhinder	Geluid in de aanlegfase	0	
	Trillingshinder	Trillingen in de aanlegfase	0	
Ruimtegebruik	Wonen, werken, recreatie en overig	Raakvlak met functies	0	
		Beperking voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen	0	

	Landbouw	Raakvlak met functies	0/-
	Verkeer	Verkeershinder	0
Duurzaamheid	Energie en CO ₂	Energiegebruik en CO ₂ uitstoot	0/-
	Circulariteit	Grondstofgebruik	+
Ontplobbare Oorlogsresten	Ontplobbare Oorlogsresten	Risico op aanwezigheid van ontplobbare oorlogsresten	0 - ++

Bodem

De leiding binnen het deelgebied wordt hergebruikt, hier wordt dan ook niet bemalen. Wel liggen er 3 keringen binnen de invloedsgebieden van de bemalingen van de afsluiterlocaties en het stukje nieuw aan te leggen leiding. Hier is risico op zettingsschade zonder mitigerende maatregelen.

Natuur

De kortste afstand tussen nieuw aan te leggen tracédeel en de afsluiterlocaties tot N2000 gebied is minder dan 5 kilometer. Door deze afstand kunnen directe effecten op Natura 2000-gebieden (zoals verstoring) uitgesloten worden, maar zijn effecten door stikstofdepositie in de aanlegfase niet uit te sluiten. Stikstofdepositie is een risico voor de vergunbaarheid omdat het (significant) negatieve effecten op habitattypen en/of leefgebieden kan veroorzaken. Daarom is een Aerius berekening nodig om de daadwerkelijke stikstofdepositie in beeld te brengen. Deze zal worden uitgevoerd in fase 2. Stikstofdepositie is te verminderen door gebruik te maken van materieel dat minder stikstof uitstoot (o.a. elektrisch), gebruik te maken van stikstoffilters voor op bouw materieel en/of diep ploegen.

Daarnaast overlappen drie afsluiterlocaties met akkervogelleefgebied en vormen daarom een middelgroot risico. In de volgende fase is daarom nader onderzoek nodig.

Wat betreft beschermde soorten geldt dat meer dan 3 beschermde soorten voorkomen binnen de werksfeer van de afsluiterlocaties, waardoor mogelijk negatieve effecten op deze soorten kunnen optreden. Door toepassing van ecologische werkprotocollen tijdens de aanlegfase, kunnen deze effecten mogelijk voorkomen worden. Dit is nader uit te werken in de vervolgfase.

Duurzaamheid

Omdat het om zo'n kleine afstand nieuwbouw gaat ten opzichte van het totale tracé is er sprake van een zeer kleine hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen. Voor dit tracé wordt goed aangesloten bij de circulaire ontwerpprincipes.

3 Omgeving

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is in beeld gebracht welke issues en belangen spelen in de omgeving. Met een issue wordt een onderwerp bedoeld waarover stakeholders wensen, eisen en/of zorgen hebben geuit. Er is hierbij onderscheid gemaakt naar de mate van complexiteit, gevoeligheid en onzekerheid van de issues. De 'kleinere' issues vragen om aandacht, maar zijn naar verwachting in overleg met de omgeving goed op te lossen. De 'grote' issues zijn de onderwerpen waarvoor veel afstemming en inzet van maatregelen nodig is en waarbij de uitkomsten onzeker kunnen zijn.

Paragraaf 3.2 beschrijft eerst de aanpak voor het betrekken van de omgeving. Met 'de omgeving' worden bedoeld alle partijen die een belang hebben dat mogelijk door het project wordt geraakt. Dit kunnen zijn lokale burgers en bedrijven, (lokale) belangengroepen, professionele en maatschappelijke organisaties en bestuurs- en overheidsorganen.

Paragraaf 3.3 geeft een overzicht van de onderwerpen (issues) en belangen die in het algemeen en *niet onderscheidend* voor de omgeving (kunnen) spelen en door de partijen zijn ingebracht die tot nu toe betrokken zijn.

In paragrafen 3.4 t/m 3.7 wordt bij elk deelgebied en alternatief op zowel de *algemene* als de *onderscheidende* issues en de mate van complexiteit, gevoeligheid en onzekerheid van de issues ingegaan die in dat deelgebied spelen.

3.2 Omgevingsproces

Het doel van het omgevingsproces is om belanghebbenden tijdig en goed te informeren over het project Waterstofnetwerk Groningen en in gesprek hun belangen mee te wegen. Het projectteam van HNS is in een vroeg stadium gestart met informeren: vóór de start van de Projectprocedure (voorheen: Rijkscoördinatieregeling) hebben kennismakingsgesprekken plaatsgevonden met lokale en regionale bestuurs- en overheidsorganen, professionele en maatschappelijke partijen en (lokale) belangengroepen. Hieruit kwamen positief kritische reacties. Daarnaast is er veel kennis uit de regio opgehaald. De contacten uit deze periode vormen de basis van een langdurige vertrouwelijke relatie. Deze overleggen tussen HNS en belanghebbenden vinden periodiek plaats tussen en rondom mijlpalen: tijdens deze overleggen wordt de voortgang van het project besproken en kunnen de aanwezigen hun aandachtspunten aangeven. De opgehaalde kennis wordt meegenomen in de ontwikkeling van het project.

Vervolgens is bij de start van de Projectprocedure (eerste mijlpaal) in december 2022 het Voornemen en voorstel voor Participatie gepubliceerd en zijn hiervoor vier fysieke informatiebijeenkomsten georganiseerd. In de binnengekomen reacties en periodieke gesprekken met belanghebbenden zijn voorstellen voor alternatieve tracés naar voren gekomen. In een Afwegingsnotitie, die als bijlage bij de concept-NRD is gevoegd, is afgewogen of deze alternatieve tracés onderdeel uitmaken van het MER fase 1.

Naar aanleiding van de ontvangen reacties is een Reactienota opgesteld. Daarnaast zijn de uitkomsten uit de ontvangen reacties en overleggen verwerkt in het Participatieplan dat gepubliceerd is op de website van Bureau Energie Projecten.

In februari 2023 zijn plenaire werksessies gehouden voor professionele stakeholders en bestuurs- en overheidsorganen. Ook is een werksessie gehouden voor lokale belangengroepen. In dezelfde periode is een digitale projectwebsite gemaakt, zodat iedereen in de omgeving van het projectgebied aandachtspunten kon aangegeven. De verslagen van de werksessies en de ontvangen aandachtspunten van de projectwebsite zijn gepubliceerd op www.hynetwork.nl/groningen.

In september 2023 is de concept-NRD gepubliceerd (tweede mijlpaal), waarna wederom vier fysieke informatiebijeenkomsten zijn georganiseerd. In september 2023 is ook een bijeenkomst voor grondeigenaren en -gebruikers georganiseerd om hen separaat te informeren over de te onderzoeken tracés en het plan om grondonderzoeken op hun grondgebied uit te voeren.

Ten behoeve van de concept-NRD hebben weer periodieke overleggen plaatsgevonden met belanghebbenden over de aandachtspunten en vragen over de concept-NRD en het vervolgproces (MER fase 1 en IEA). De binnengekomen reacties zijn beantwoord in de Nota van Antwoord en vervolgens is de definitieve NRD opgesteld en in februari 2024

gepubliceerd (derde mijlpaal). Zowel van de concept-NRD als van de NRD zijn er publieksvriendelijke websites gemaakt, waarop iedereen een samenvatting van het document voorzien van duidelijk kaartmateriaal kon lezen.

Deze fase omvat de vierde mijlpaal: de MER fase 1, Integrale effectenanalyse (IEA) en het concept Voorkeursalternatief (VKA). De concept MER fase 1 en de concept IEA zijn besproken in twee werksessies, zoals deze ook zijn georganiseerd in februari 2023. In deze werksessies is het MER fase 1 toegelicht en zijn opnieuw aandachtspunten opgehaald.

Vervolgens zijn deze documenten en het concept VKA in een aantal ambtelijke en bestuurlijke overleggen inhoudelijk besproken. Hierna volgt de keuze van het Voorkeursalternatief (vijfde mijlpaal), waarna overleggen ingepland worden met de direct betrokken bedrijven, grondeigenaren en -gebruikers en overheden voor afstemming over het detailontwerp en de specifieke eisen voor vergunningen en hen te informeren over de vervolgstappen.

Indien een belanghebbende behoefte heeft aan meer tussentijds contact, dan kan het projectteam van HNS (al dan niet in samenwerking met EKZ) hier gehoor aan geven. Tijdens en tussen de mijlpalen in verzendt HNS regelmatig een nieuwsbrief over het Waterstofnetwerk Groningen. Zo blijven geïnteresseerden laagdrempelig op de hoogte.

3.3 Algemene issues voor alle deelgebieden

Er zijn issues die gelden voor alle te onderzoeken alternatieven (nieuwbouw opgave) en daarmee niet onderscheidend zijn om te komen tot een keuze voor een VKA. Deze issues zijn aandachtspunten die, ongeacht de keuze voor een VKA, inzet en aandacht vragen om te voorkomen dat dit onderwerp leidt tot onduidelijkheid, onvoldoende draagvlak en/of bezwaren van de omgeving met risico op vertraging voor de realisatie van het project.

Omgevingsveiligheid

Meerdere stakeholders hebben aandacht gevraagd voor het aspect omgevingsveiligheid. Er zijn onder andere vragen gesteld wat de veiligheidscontouren zijn van waterstof en hoe deze zich verhouden tot aardgas. Dit speelt zowel voor nieuwbouw als hergebruik van bestaande leidingen. Dit is onderzocht in het MER (zie hoofdstuk 2).

Het optreden van overlast tijdens de uitvoering met impact op bereikbaarheid en geluid

Tijdens de aanlegfase van de nieuwbouwleidingen kan hinder ontstaan door verminderde bereikbaarheid voor omwonenden en bedrijven. Ook kan er tijdelijk geluidhinder optreden.

De dorpsraden vragen aandacht voor geluidshinder tijdens de aanleg van het project Waterstofnetwerk Groningen en eventuele cumulatieve geluidshinder vanwege andere ontwikkelingen in de omgeving. In het MER is hier verder op ingegaan (zie hoofdstuk 2). Cumulatie van geluid is kwalitatief beschreven, zoals gebruikelijk voor geluidshinder in de aanlegfase.

Aandacht voor maatschappelijke gevolgen en kwetsbare waarden

Tijdens het participatieproces is aandacht gevraagd voor de maatschappelijke gevolgen van het project en de energietransitie in het algemeen, voor kwetsbare waarden zoals het Groninger landschap, archeologie en natuur. Deze thema's zijn onderzocht in het MER (zie hoofdstuk 2) en worden nader onderzocht in MER fase 2.

Zakelijk recht overeenkomsten met grondeigenaren en gebruikers

Zakelijk Recht Overeenkomsten / grondposities zijn een belangrijk onderwerp voor grondeigenaren en -gebruikers. Zij vragen tijdig betrokken te worden (wanneer er meer duidelijkheid is over het tracé) en duidelijke communicatie (wat is het proces om te komen tot de overeenkomsten). In persoonlijke gesprekken met de betrokken grondeigenaren wordt een toelichting gegeven op deze vragen. Daarnaast worden specifieke informatieavonden georganiseerd voor grondeigenaren om informatie te geven over de mijlpalen in het proces (zie paragraaf 3.2)

3.4 Deelgebied Eemshaven – Tjuchem

3.4.1 Niet onderscheidende issues

In het deelgebied Eemshaven – Tjuchem zijn een aantal issues vanuit de omgeving aangedragen die voor ieder alternatief van toepassing zijn. Deze issues zijn daarmee niet onderscheidend om te komen tot een keuze voor een VKA, maar betreffen wel een aandachtspunt waar rekening mee gehouden dient te worden.

Inpassing en realisatie leidingtracés in havengebied Eemshaven

In de gemeente Eemsdelta vinden in het havengebied Eemshaven veel ontwikkelingen plaats. Er worden nog steeds nieuwe kavels uitgegeven voor ontwikkeling van bedrijvigheid. Voor een goede ruimtelijke inpassing van de leidingtracés en het voorkomen van problemen in de realisatiefase is een goede afstemming met havenbeheerder Groningen Seaports, lokale bedrijven en andere kabel- en leidingeigenaren van groot belang.

Oostpolder

De Oostpolder, gelegen ten zuiden van de Eemshaven, wordt ontwikkeld als bedrijventerrein. Het leidingtracé van WN Groningen is voorlopig ingepast in het ontwerp provinciaal inpassingsplan middels de aanduiding “vrijwaringszone – buisleiding”. De uiteindelijke ligging van het leidingtracé en de wijze van aanleg moet goed worden afgestemd met de projectorganisatie Oostpolder.

Bestaande en toekomstige hoogspanningsinfrastructuur

TenneT is van plan om in de Oostpolder een nieuw 380kV hoogspanningsstation te bouwen. Ook zullen er vanwege het programma PAWOZ (Programma Aanlanding Wind Op Zee) in de Oostpolder hoogspanningskabels worden aangelegd en in Eemshaven nieuwe converterstations.

In haar reactie op de concept-NRD vraagt TenneT om rekening te houden met deze ontwikkelingen en aandacht te hebben voor wederzijdse beïnvloeding tussen het waterstofnetwerk en de hoogspanningskabels en overige nabijgelegen assets van TenneT. In hoofdstuk 4 onder het thema Techniek wordt dit verder toegelicht. Er is ook een NEN3654 onderzoek uitgevoerd om te bepalen op welke afstand de leiding van bestaande hoogspanningsverbindingen en -stations moet komen te liggen om wederzijds beïnvloeding te voorkomen. Voor dit onderzoek is alleen rekening gehouden met de bestaande assets van TenneT, omdat er over de toekomstige assets, zoals het station in de Oostpolder, nog onvoldoende duidelijkheid is over de uiteindelijke vormgeving.

3.4.2 Onderscheidende issues

Naast de algemene issues die voor het hele deelgebied spelen, zijn er ook een aantal issues die specifiek zijn voor de alternatieven. Deze issues kunnen daarmee bepalend zijn voor de keuze van het VKA.

Effecten leiding aanleg op agrarische waarden

Grondeigenaren en LTO Noord hebben aandacht gevraagd om ten aanzien van de keuze van het VKA expliciet het aspect agrarische waarden mee te nemen. De route van de waterstofleiding doorkruist in de provincie Groningen grote gebieden waar landbouwactiviteiten worden uitgevoerd. Een waterstofleiding in deze gronden zorgt voor een (tijdelijk) belemmerend effect op deze activiteiten gedurende de aanlegfase en/of in de beheerfase. In Bijlage B is de analyse naar de effecten op de agrarische waarden voor de tracévarianten in de deelgebied Eemshaven - Delfzijl en Tjuchem - Delfzijl opgenomen. De analyse geeft een kwantitatieve beoordeling van een aantal, met LTO Noord afgestemde, agrarische waarden. Daar waar dat niet mogelijk is, is een kwalitatieve beoordeling gegeven voor deze routes.

Uit de analyse blijkt dat de drie tracé-alternatieven in dit deelgebied op landbouwkundig gebied geen grote verschillen vertonen. In het algemeen kan worden gesteld dat er een belangrijke samenhang is tussen de tracélengte in de landbouwgronden en de effecten op agrarische waarden. Het **N33-alternatief** heeft beduidend meer landbouwkundige percelen en ook een langere lengte in totaliteit, waardoor deze over het algemeen negatievere effecten heeft op de agrarische waarden. De nuance verschillen tussen de alternatieven zijn hierna beschreven voor de verschillende aspecten die zijn onderzocht.

Daar tegenover kan worden gesteld dat de effecten op akkerbouw-percelen groter zijn dan op grasland-percelen. Juist op het **N33 alternatief** zijn beduidend minder akkerbouwpercelen aanwezig dan op het **basis en waterleidingalternatief**. Al met al blijkt hieruit dat de drie alternatieven gelijkwaardig scoren.

Een aspect dat is geanalyseerd betreft het aantal unieke perceeleigenaren, oftewel het aantal perceeleigenaren dat te maken kan krijgen met de leiding. Ook voor dit aspect geldt dat de verschillen tussen de alternatieven gering zijn. Hiermee samenhangend is onderzocht in hoeveel huiskavels de waterstofleiding mogelijk komt te liggen. Met een huiskavel wordt het perceel of de percelen bedoeld welke onlosmakelijk en fysiek aan de bedrijfsgebouwen zijn gekoppeld. Met name in de melkveehouderij kan dit een nadelig effect op de bedrijfsvoering tot gevolg hebben, omdat het weiden van de koeien bij voorkeur direct achter de stal plaatsvindt. Als huiskavels worden doorsneden, is de ruimte beperkter om te weiden en is het lastig om de werkstrook te passeren. Uit deze analyse blijkt dat het **N33 alternatief** over een iets grotere lengte in huiskavels ligt, wat resulteert in een negatief effect aangezien op dit alternatief de meeste melkveehouderijbedrijven zijn gevestigd. Op het **waterleiding alternatief** is dit effect minder negatief beoordeeld.

Eén van de belangrijkste factoren van de agrarische waarden is het cultuurtechnische effect dat leidingaanleg kan hebben op de bodemopbouw van de grond. Uit de analyse is gebleken dat het cultuurtechnische effect op de bodem in de drie tracéalternatieven nagenoeg gelijk scoort. Echter kan het effect vervolgens resulteren in verminderde gewasgroei of aangepaste bedrijfsvoering. Deze effecten zijn wel verschillend, doordat op het **basis- en waterleidingalternatief** over het algemeen duurdere gewassen geteeld worden (akkerbouwmatig) dan op het **N33-alternatief**. Daardoor zal hier het negatieve effect groter zijn. Echter door de grotere lengte van het **N33-alternatief** door landbouwgrond wordt dit onderscheid grotendeels tenietgedaan. Dit resulteert in een gelijkwaardige beoordeling van de drie alternatieven op dit aspect.

Ten aanzien van het aspect bodemopbouw in relatie tot herstel hanteert HNS de cultuurtechnische constructie specificatie van Gasunie, de CSK-25-N. Gecontracteerde aannemers zijn verplicht te werken met deze technische instructie. Deze instructie beschrijft de cultuurtechnische eisen die, in dit geval door HNS, gesteld worden aan de uitvoering van cultuurtechnische en/of landbouwkundige werkzaamheden bij de aanleg van pijpleidingen. Door de inzet van continu cultuurtechnisch toezicht wordt geborgd dat conform deze instructie wordt gewerkt, waardoor risico's op cultuurtechnische schade worden geminimaliseerd.

Het aspect waarin het meeste verschil is waar te nemen binnen de agrarische waarden is de kans op verspreiding van bodemgebonden ziekten en plagen. Dit risico speelt met name op de akkerbouwpercelen. Hierdoor scoort het **N33 alternatief** op dit aspect het beste (minste effect), gevolgd door het **waterleiding alternatief** en daarna het **basis alternatief**. Bij deze analyse is met name gekeken waar akkerbouw plaatsvindt en waar tegelijkertijd open ontgraving is voorzien. Deze combinatie maakt dat verspreiding van bodemgebonden ziekten en plagen een risico vormt.

Om insleep en/of verspreiding van bodemgebonden ziekten en plagen te voorkomen hanteert HNS dezelfde cultuurtechnische instructie waarin een bedrijfshygiënisch protocol is opgenomen. Hierin worden maatregelen voorgeschreven op verschillende niveau's (afhankelijk van de risico's) om insleep of verspreiding te voorkomen. Mede door inzet van cultuurtechnisch toezicht tijdens de werkzaamheden van de aannemers, wordt opvolging van deze maatregelen uit de genoemde instructie maximaal geborgd en worden de risico's zoveel mogelijk gemitigeerd.

De temperatuur van de waterstof bedraagt bij de punten waar de waterstof in het netwerk wordt gebracht maximaal 30 graden Celsius. Dit kan plaatselijk zorgen voor een opwarming van de bodem tot een breedte van 20 meter vanaf de leiding. Daarom is ook het aspect ten aanzien van opwarming van de bodem beoordeeld. Het **N33 alternatief** scoort licht positief ten opzichte van de andere alternatieven. Dit is te verklaren doordat een warmere bodem voor grasland een positief effect kent (namelijk meer grasgroei), terwijl een ongelijke groei in akkerbouwpercelen minder wenselijk is voor de bedrijfsvoering. Hierbij valt te denken aan onkruid- en ziektebestrijding en verschillen in opkomst- en oogstdata.

Een actueel onderwerp in dit deelgebied is het aspect verzilting. Ten behoeve van leidingaanleg zal grondwateronttrekking plaatsvinden. Dit kan mogelijk invloed hebben op de mate van verzilting in het gebied. Op dit aspect scoren de drie tracé-alternatieven gelijkwaardig. Het risico op het optreden van verzilting is bij alle alternatieven aanwezig, al zullen er mogelijk (kleine) verschillen bestaan per alternatief. Na vaststelling van het voorkeursalternatief wordt in MER fase 2 nader onderzocht op welke wijze het optreden van verziltingsrisico's kunnen worden voorkomen of gemitigeerd.

Voor het aspect verzilting zal in de volgende fase MER fase veldonderzoek plaatsvinden. De gegevens uit dit onderzoek worden gebruikt ten behoeve van vergunningverlening en monitoring tijdens de uitvoering.

Het geheel in ogenschouw nemend, kan voor het onderwerp agrarische waarden worden geconcludeerd dat het nauwelijks mogelijk is om een tracé-alternatief te duiden dat het minst belemmerend is.

Indien permanente effecten worden beschouwd als meest belemmerend, dan is het **waterleiding alternatief** het minst belemmerend als gevolg van de kortere lengte en de minste doorsnijding door huiskavels. De overige effecten zijn, m.u.v. het aspect 'opwarming van de bodem' tijdelijk van aard en/of is het risico op optreden van het aspect met behulp van mitigerende maatregelen te verkleinen of te voorkomen. Het verschil in opkomst- en oogstdagen a.g.v. de (geringe) opwarming van de bodem heeft een impact op de bedrijfsvoering, maar is door het treffen van maatregelen te mitigeren.

Voornemen verdubbeling N33 Noord Appingedam – Eemshaven

Het Rijk heeft in de kabinetsreactie "Nij Begun: op weg naar erkenning, herstel en perspectief" van 25 april 2023 aangegeven geld beschikbaar te stellen voor verdubbeling van de N33. Het betreft de projecten N33 Midden (Zuidbroek-Appingedam) en N33 Noord (Appingedam-Eemshaven). Voor het project N33 Noord wordt een MIRT-onderzoek voorbereid. Medio 2024 wordt duidelijk wanneer en hoe het project wordt opgestart. Het project N33 Noord is een belangrijk raakvlak voor het **N33 alternatief**. Op basis van de zienswijze van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is de oorspronkelijke tracélijn van dit alternatief circa 40 meter opgeschoven vanaf het huidige wegtracé, zodat er ruimte blijft voor de beoogde verdubbeling. Dit zorgt er echter voor dat de aangepaste tracélijn in de huidige situatie niet dicht langs de randen van agrarische percelen loopt, maar een veel groter deel van deze percelen belemmert. Dit is vanuit het belang van de landbouw gezien geen goede situatie, zo lang als de beoogde verdubbeling van de N33 nog niet gerealiseerd is.

Bestaande landbouwkundige schade op/langs tracé

Enkele jaren geleden heeft het Waterbedrijf Groningen met dochterbedrijf North Water twee parallel gelegen waterleidingen aangelegd tussen Groningen en Eemshaven. Het **waterleiding alternatief** bundelt met deze waterleidingen. Omdat de waterleidingen relatief kort geleden zijn aangelegd, zijn nog niet alle schades aan landbouwpercelen als gevolg van de aanlegactiviteiten verholpen. Het risico bestaat dat wanneer er in deze landbouwpercelen opnieuw een (waterstof)leiding wordt aangelegd, er onduidelijkheid kan ontstaan over welke partij (Waterbedrijf of HNS) verantwoordelijk is voor de schade. Dit kan hinderlijk zijn voor de betrokkenen.

Nieuw belemmeringsgebied

Om de leidingen te beschermen tegen fysieke beschadiging wordt een belemmeringsgebied ingesteld. Dit is een strook met een breedte van 5 meter ter weerszijden van het hart van de leiding, net zoals bij hoofdtransportleidingen voor aardgas. Het belemmeringsgebied wordt vastgelegd in het Omgevingsplan. Binnen dit belemmeringsgebied gelden beperkingen ten behoeve van de veiligheid van de leiding. Zo mag er geen diepwortelende beplanting worden geplant, mogen er geen bouwwerken in deze strook geplaatst worden en zijn er beperkingen voor het uitvoeren van werken en werkzaamheden.

Voor het **basis alternatief** geldt dat er al een belemmeringsgebied aanwezig is rondom de bestaande aardgasleidingen. Voor het **waterleiding alternatief** is er ook al een belemmeringsgebied aanwezig rondom de industrie- en drinkwaterleidingen. Dat betekent dat voor een deel van de percelen er al beperkingen aanwezig zijn met betrekking tot de activiteiten en werkzaamheden die hier mogen worden uitgevoerd. Vanwege de bundeling van de alternatieven met deze bestaande leidingen zal het waterstofnetwerk hier zorgen van een uitbreiding van het belemmeringsgebied op percelen waar al sprake is van een belemmering. Op sommige plekken zal deze aansluiten op het al bestaande belemmeringsgebied, maar op andere plekken ligt dit belemmeringsgebied op enige afstand van het bestaande belemmeringsgebied. Zo geldt voor het basis alternatief dat deze grotendeels op een afstand van 7 meter van twee bestaande gasleidingen ligt. Hierdoor overlapt een groot deel van het belemmeringsgebied van dit alternatief 3 meter met het bestaande belemmeringsgebied rondom de gasleidingen. Hierdoor is het ruimtebeslag door het belemmeringsgebied van de waterstofleiding kleiner.

Voor het **N33 alternatief** is er nog geen belemmeringsgebied aanwezig. Indien voor dit alternatief gekozen, zal er sprake zijn van belemmeringen van activiteiten en werkzaamheden op nieuwe percelen die voorheen nog geen belemmeringen kenden.

Voor het **N33 alternatief** geldt dat er twee locaties zijn waar dit belemmeringsgebied in relatie tot bebouwing dusdanig is gesitueerd, dat hiermee mogelijk toekomstige uitbreidingen van agrarische (bouw)percelen en toevoegingen van bebouwing op woonpercelen belemmerd worden. Bij de Holwierderweg 4 is het tracé westelijk om de agrarische bebouwing heen getraceerd. Hiermee ligt de bebouwing als het ware ingesloten tussen het waterstofnetwerk en de N33 en worden mogelijk toekomstige uitbreidingen van de bebouwing beperkt. Bij de Holwierderweg 22 is het tracé oostelijk langs de bebouwing getraceerd maar wel over de woonbestemming. Dat betekent dat het daardoor in de toekomst niet meer mogelijk is om hier bijvoorbeeld een schuur of andere vormen van bebouwing te plaatsen.

3.5 Deelgebied Tjuchem – Delfzijl

Inpassing en realisatie leidingtracés in havengebied Oosterhorn

In het havengebied Oosterhorn vinden veel ontwikkelingen plaats. Er worden nog steeds nieuwe kavels uitgegeven voor ontwikkeling van bedrijvigheid. Voor een goede ruimtelijke inpassing van het leidingtracé en het voorkomen van problemen in de realisatiefase is een goede afstemming met havenbeheerder Groningen Seaports, lokale bedrijven en andere kabel- en leidingeigenaren van groot belang.

Toekomstige hoogspanningsinfrastructuur

In de omgeving van Farmsum wordt een nieuw 220/110 kV hoogspanningsstation met bijbehorende kabels gerealiseerd. In haar reactie op de concept-NRD vraagt TenneT om rekening te houden met deze ontwikkelingen en aandacht te hebben voor wederzijdse beïnvloeding tussen het waterstofnetwerk en de hoogspanningskabels en overige nabijgelegen assets van TenneT. In hoofdstuk 4 onder het thema Techniek wordt dit verder toegelicht. Er is ook een NEN3654 onderzoek uitgevoerd om te bepalen op welke afstand de leiding van bestaande hoogspanningsverbindingen en -stations moet komen te liggen om wederzijds beïnvloeding te voorkomen. Voor dit onderzoek is alleen rekening gehouden met de bestaande assets van TenneT, omdat er over de toekomstige assets, zoals het station in de omgeving van Farmsum, nog onvoldoende duidelijkheid is over de uiteindelijke vormgeving.

Effecten leiding aanleg op agrarische waarden

Zoals in paragraaf 3.4.2 is aangegeven, hebben Grondeigenaren en LTO Noord aandacht gevraagd om ten aanzien van de keuze van het concept-VKA expliciet het aspect agrarische waarden mee te nemen. Voor de route tussen Tjuchem en Delfzijl, waarvoor geen alternatieven aanwezig zijn, zijn de agrarische waarden geanalyseerd. Deze agrarische waarden analyse is opgenomen in Bijlage B. Op basis van de analyse kan worden geconcludeerd dat tweederde van het totale tracé in landbouwgebied is gelegen en dat éénderde van dit tracé akkerbouwpercelen betreft. De aspecten uit het onderzoek geven alles overziend een negatief effect op de agrarische waarden.

3.6 Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep

Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat volledig uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er zijn voor dit deelgebied geen aanvullende issues naast de in paragraaf 3.3 benoemde algemene issues.

3.7 Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl

Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat grotendeels uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er zijn voor dit deelgebied geen aanvullende issues naast de in paragraaf 3.3 benoemde algemene issues.

4 Techniek

4.1 Inleiding

Bij de keuze van het VKA is het van belang om zicht te hebben op de belangrijkste technische aspecten van de alternatieven, die voor de aanleg van het waterstofnetwerk aan de orde zijn. Op basis van technische expert judgement zijn voor de deelgebieden waar nieuwbouw plaatsvindt de volgende aspecten bekeken:

- Lengte/aantal boringen en type boringen met eventuele benodigde extra maatregelen
- Ruimte voor leiding (afstand tot andere leidingen, hoogspanningsverbindingen, bestaande objecten)
- Ruimte voor uitlegstroken en werkzaamheden en de bereikbaarheid werkterreinen
- Geotechnische gesteldheid van de grond

Bij hergebruik van bestaande leidingen vinden langs het tracé geen werkzaamheden plaats. Wel wordt de leiding van binnenuit gereinigd en geïnspecteerd middels zogeheten “pigs”. Alleen bij afsluiterlocaties die verwijderd of aangepast worden, vinden werkzaamheden plaats. Hierbij treden geen technische bijzonderheden op.

In deze inleiding is eerst een toelichting op de hierboven genoemde technische aspecten gegeven. Vervolgens zijn per deelgebied in paragrafen 4.2 t/m 4.5 de relevant technische issues toegelicht. Bij deelgebied Eemshaven – Tjuchem is daarbij verschil gemaakt tussen niet onderscheidende issues die voor alle alternatieven gelden en onderscheidende issues.

Lengte/aantal boringen en type boringen met eventuele benodigde extra maatregelen

Het aantal boringen, de lengte van de boringen en de methode om boringen uit te voeren bepaalt de complexiteit van het ontwerp en ook de uitvoering. Daarbij geldt dat een gestuurde boring (Horizontal Directional Drilling (HDD)) de meest complexe boring is. Dit type boring wordt toegepast om grotere afstanden te overbruggen en gaat dieper dan de andere typen boringen. Een HDD-boring start bovengronds en de leiding gaat schuin de grond in om ondergronds een boog te maken en aan de andere zijde van het te kruisen object (bijvoorbeeld een weg of kanaal) weer boven te komen. Bij andere typen boringen, zoals Gesloten Front Techniek (GFT) en Open Front Techniek (OFT), wordt een boorput gegraven aan beide zijde van het te kruisen object. De diepte die de leiding nodig heeft om het object te kruisen, bepaalt de diepte van de boorput. De leiding wordt vanuit de ene boorput horizontaal naar de andere boorput geperst. Bij de boorputten zijn in het algemeen damwanden nodig en eventueel onderwaterbeton om de boorput droog te houden.

Ruimte voor leiding (afstand tot andere leidingen, hoogspanningsverbindingen, bestaande objecten)

Andere leidingen, hoogspanningskabels, en andere bestaande objecten nabij het tracé kunnen het ontwerp en de uitvoering complex maken. Wanneer de leiding dichtbij andere leidingen gelegd wordt, kan dit de uitvoering complexer maken doordat rekening gehouden moet worden met deze andere leidingen om te voorkomen dat deze beschadigd raken. Na de aanleg inspecteert Gasunie met behulp van helikopters elke 2-3 weken alle leidingtracés. Hierdoor kan het een voordeel zijn wanneer WN Groningen naast andere leidingen van Gasunie ligt, omdat dan de monitoring van beide leidingen gecombineerd kan worden en er minder vliegkilometers gemaakt hoeven te worden.

Parallel ligging aan hoogspanningsverbindingen, zowel boven- als ondergronds, kan leiden tot wisselstroomcorrosie wat de leiding kan aantasten. Ook kan elektrische beïnvloeding van de leiding leiden tot een ontoelaatbare aanraakspanning. Daarnaast kunnen ondergrondse kabels zorgen voor thermische beïnvloeding van de leiding. Deze nadelen kunnen deels gemitigeerd worden door bijvoorbeeld AC-drainages te plaatsen. Bij grotere hoogspanningsbeïnvloeding zijn meer maatregelen nodig of is zelfs alleen afstand houden voldoende om de nadelen te beperken. Wanneer een bovengrondse hoogspanningsverbinding gekruist wordt, kan dit leiden tot gevaarlijke situaties tijdens de aanleg indien er met bijvoorbeeld kranen onder de hoogspanningsverbinding gewerkt wordt. Er kan dan stroom overslaan op het materieel onder de hoogspanningsverbinding.

Infrastructuur, zowel verkeer-, spoor- als waterwegen en keringen, wordt in het algemeen haaks gekruist. De beheerders van de betreffende infrastructuur vereisen dit vaak om het raakvlak tussen de infrastructuur en de leiding zo veel mogelijk te beperken.

Windturbines kunnen de veiligheid van de leiding negatief beïnvloeden, doordat in de veiligheidsberekeningen rekening gehouden dient te worden met het risico dat een windturbine omvalt of een rotorblad afwerpt en deze op de leiding terecht komt. Dit is geen probleem als zich geen kwetsbare objecten nabij de leiding bevinden of als de leiding voldoende diep ligt.

Ruimte voor uitlegstroken en werkzaamheden en de bereikbaarheid werkterreinen

Uitlegstroken zijn benodigd bij HDD-boringen. Bij deze boringen wordt het gehele deel van de leiding dat geboord wordt, vooraf aan elkaar gelast. Voor lange boringen kan dan een uitlegstrook van een kilometer of meer benodigd zijn. Nadat de leiding aan elkaar gelast is, wordt deze met behulp van kranen opgetild en in de juiste hoek geplaatst om in het boorgat getrokken te worden. Dit dient zo veel mogelijk in de lijn van de boring te gebeuren. Wanneer een HDD-boring nabij een bocht in het tracé plaatsvindt, betekent dit dat de uitlegstrook niet vlak langs het tracé ligt en hiervoor aanvullende ruimte benodigd is tijdens de werkzaamheden.

Zowel bij aanleg in open ontgraving als bij boringen dienen de locaties waar werkzaamheden plaatsvinden, bereikt te worden met het in te zetten materieel. Het bouwverkeer maakt daarvoor gebruik van tijdelijke bouwwegen. Deze worden zoveel mogelijk aangelegd in het tracé waar de leiding komt te liggen. HNS streeft ernaar zo min mogelijk gebruik maken van bestaande wegen met name in de woonkernen.

Geotechnische gesteldheid van de grond

De geotechnische gesteldheid van de grond kan gevolgen hebben voor de complexiteit van en de risico's bij de uitvoering van boringen. Met name de aanwezigheid van potklei vormt een risico. Potklei bemoeilijkt de afvoer van boorvloeistof en uitkomend materiaal, waardoor de boring kan vastlopen. Als mitigerende maatregel wordt het diepte profiel van de boring van tevoren zoveel mogelijk afgestemd op eventuele potklei in de bodem.

4.2 Deelgebied Eemshaven – Tjuchem

4.2.1 Niet onderscheidende issues

Lengte/aantal boringen en type boringen met eventuele benodigde extra maatregelen

Alle alternatieven worden grotendeels in open ontgraving aangelegd. Daarnaast bevatten de alternatieven meerdere boringen op het gezamenlijke deel van de tracés, zowel HDD-boringen als GFT/OFT boringen. Alle alternatieven kruisen het Eemskanaal op dezelfde wijze. Deze kruising is complex vanwege mogelijk diepe damwanden langs het Eemskanaal waar onderdoor geboord moet worden en omdat het waterniveau in het Eemskanaal hoger is dan het omliggende gebied. Het risico bestaat dat tijdens de uitvoering van de boring een lek ontstaat in het Eemskanaal, waarna water uit het kanaal via het boorgat naar het naastliggende land stroomt. Om dit te voorkomen zijn bij het in- en uittredepunt van de boring aan weerszijden van het kanaal tijdelijke verhogingen nodig (zogenoemde klei terpen), waardoor het in- en uittredepunt op grotere hoogte ligt dan het waterpeil in het kanaal.

Ruimte voor leiding (afstand tot andere leidingen, hoogspanningsverbindingen, bestaande objecten)

Voor alle alternatieven geldt een aandachtspunt bij het intrekken van de boorstreng bij RWE. Hier bevindt zich een bovengrondse hoogspanningsverbinding parallel aan de dijk. Als gevolg van deze hoogspanningsverbindingen gelden daar beperkingen ten aanzien van de maximale werkhoogte van materieel. Dit geldt bijvoorbeeld voor de kranen die worden gebruikt om de boorstreng in het boorgat te geleiden. Ook bij de Lage Trijnweg kruist het tracé een bovengrondse hoogspanningsverbinding. Deze kruising kan in open ontgraving uitgevoerd worden, maar ook hierbij gelden veiligheidsbeperkingen (hoogte van apparatuur, verplichte aarding, maximale hoogte van grondopslag etc.).

Voor het gezamenlijke deel van het tracé bij de Oostpolder is hoogspanningsbeïnvloeding tijdens de gebruiksfase een aandachtspunt. Het leidingtracé ligt op zo groot mogelijke afstand van het toekomstige bedrijfsperceel aan de oostkant van de Oostpolder om hoogspanningsbeïnvloeding van de kathodische bescherming van de leidingen tegen te gaan. Ook blijft er hierdoor ruimte voor ondergrondse hoogspanningskabels tussen het hier geplande hoogspanningsstation en de Eemshaven.

Windturbines bevinden zich alleen langs het gezamenlijke gedeelte van het tracé in de Eemshaven en de Oostpolder. Nabij deze windturbines wordt een HDD-boring toegepast waardoor de mogelijke effecten op veiligheid gemitigeerd worden.

Het tracé kan de N33 ter hoogte van de Oostpolder niet haaks kruisen omdat dit zou leiden tot beperkingen voor de ruimtelijke ontwikkelingen voor de Oostpolder (zie paragraaf 3.4.1). Hierdoor zou het tracé namelijk veel dieper in dat plangebied terecht komen dan nu het geval is. Het tracé kruist de N33 nu veel schuiner, ter hoogte van het datacenter van Google. In het kader van de ruimtelijke ontwikkelingen in de Oostpolder heeft de gemeente aangegeven dat zij het beheer van het betreffende deel van de N33, ten noorden van de Oostpolderweg, gaan overnemen van Rijkswaterstaat. Gasunie is daarom in overleg met de gemeente en Rijkswaterstaat over de schuine kruising van de N33. Deze schuine kruising is een van de hierboven genoemde HDD-boringen die de effecten van windturbines op de veiligheid wegneemt. Dit is dus een bijkomend voordeel naast de beperking van belemmeringen voor de Oostpolder.

Ruimte voor uitlegstroken en werkzaamheden en de bereikbaarheid werkterreinen

Ten zuiden van de Schildweg wordt een circa 1080 meter lange HDD-boring toegepast om in één keer leidingen van Gasunie, NAM, hoogspanningsverbinding van TenneT, de watergang Groeve, de Tolweg en de bestaande N33 te kruisen. De boorlijn is zo bepaald dat halverwege de boring een terrein van zeer hoge archeologische waarde wordt vermeden. Het tracé ligt vervolgens ten oosten van de bestaande Gasunie leidingen. De uitlegstrook van deze lange boring is naar het oosten toe gericht, waardoor de uitlegstrook loopt over gronden waar geen nieuwe leiding komt en ook geen bestaande leidingen liggen. Dit vormt tijdens de aanleg een tijdelijke belemmering op gronden van eigenaren die verder geen belanghebbende zijn bij het waterstofnetwerk.

Geotechnische gesteldheid van de grond

Uit ervaring weet Gasunie dat in ieder geval bij de kruising van het Damsterdiep potklei een risico vormt voor boringen. Het Damsterdiep wordt in elk alternatief gekruist. Ook bij andere boringen is er een risico op potklei. Om de risico's zo veel mogelijk te beperken, wordt vooraf bodemonderzoek uitgevoerd.

4.2.2 Onderscheidende issues

Lengte/aantal boringen en type boringen met eventuele benodigde extra maatregelen

Het **basis alternatief** omvat ongeveer 30 kruisingen waarvan circa 10 HDD-boringen. Het **waterleiding alternatief** kruist dezelfde infrastructuur als het basisalternatief, waarbij boringen wel anders ontworpen kunnen worden doordat de situatie net anders is. De twee tracés zijn vergelijkbaar voor wat betreft de lengte/aantal en type boringen. Het **N33 alternatief** kruist meer infrastructuur waardoor dit alternatief bijna twee keer zoveel HDD-boringen bevat als de andere twee tracés.

Ruimte voor leiding (afstand tot andere leidingen, hoogspanningsverbindingen, bestaande objecten)

Het **basis alternatief** loopt parallel aan een bestaande gasleiding van Gasunie, hierbij wordt voldoende afstand gehouden tussen beide leidingen. Daarnaast bevindt zich in het basis alternatief een relatief smalle doorgang bij Oosterwiltwerd, tussen de begraafplaats en een boerderij, waar zich al meerdere andere leidingen in de grond bevinden. Dit vergt nauwe afstemming en zorgvuldig werken voorafgaand en tijdens de uitvoering. Het **waterleiding alternatief** ligt meer in de vrije ruimte, waardoor in de aanlegfase minder bijzonderheden worden verwacht. Bij het **N33 alternatief** is niet overal ruimte voor de toekomstige verbreding van de N33 en de leiding. Bijvoorbeeld bij Oldenklooster ligt het leidingtracé op kleinere afstand van de N33 vanwege de langs deze weg aanwezige boerderijen. Oldenklooster is aangemerkt als een (beschermd) terrein van zeer hoge archeologische waarde. Het leidingtracé kruist de Feldwerderweg en een bestaande onderdoorgang onder de N33 middels een HDD-boring. De funderingsconstructie van deze onderdoorgang is nog onbekend en kan een risico vormen voor de boring. Zuidelijker leidt de beperkte ruimte tussen de N33 en een boerderij tot insluiting van de betreffende boerderij omdat het tracé eromheen geprojecteerd is. Dit maakt de aanlegfase complex in verband met het vrijhouden van de looproutes voor de koeien. De beperkte ruimte en het alvast vrijhouden van ruimte voor de N33 kunnen ook gevolgen hebben voor het draagvlak vanuit de omgeving en voor de verbreding van de N33, deze twee issues zijn beschreven in paragraaf 3.4.2 en paragraaf 5.3.1 resp.

Ruimte voor uitlegstroken en werkzaamheden en de bereikbaarheid werkterreinen

Alhoewel het **basis alternatief** en het **waterleiding** alternatief door vergelijkbaar gebied lopen, ligt het waterleiding alternatief verder van dorpskernen af. Hierdoor is de bereikbaarheid van werkterreinen zonder daarbij dorpskernen te belasten, eenvoudiger vorm te geven. Alhoewel het **N33 alternatief** dicht bij de provinciale weg ligt, worden

waarschijnlijk wel langere bouwwegen gebruikt om vanaf laad- en losplekken de bouwlocaties te bereiken, om zo de N33 te ontzien.

4.3 Deelgebied Tjuchem – Delfzijl

Lengte/aantal boringen en type boringen met eventuele benodigde extra maatregelen

Het tracé bevat circa 15 boringen waarvan ongeveer 5 HDD-boringen. De watergang Wagenborgermaar wordt gekruist middels een circa 260 meter lange HDD-boring. In het verleden zijn hier bij de aanleg van andere leidingen in open ontgraving problemen geweest met bemaling. Door te kiezen voor een HDD-boring worden problemen zoveel mogelijk voorkomen.

Ruimte voor leiding (afstand tot andere leidingen, hoogspanningsverbindingen, bestaande objecten)

Het tracé loopt grotendeels parallel aan een bestaande gasleiding van Gasunie, hierbij wordt voldoende afstand gehouden tussen beide leidingen. Voor een perceel aan de noordkant van de N362 zijn plannen om hier een zonnepark op te richten. Vooruitlopend hierop is het tracé zoveel mogelijk aan de zandrand van het perceel gepositioneerd, om beperkingen voor deze ontwikkeling te voorkomen. De Oosterlaan en N991 worden gekruist middels een boring die ten noorden van de N992 Warvenweg wordt doorgetrokken. Daarmee wordt dan ook de Kloosterlaan gekruist. De schaarse ruimte in de leidingenstrook langs de Warvenweg wordt hierdoor gespaard en mogelijke negatieve effecten van de windturbines aan de zuidkant van de weg vermeden. Aan de oostkant van de Kloosterlaan ligt het tracé in een door Groningen Seaports gedefinieerde leidingstrook. Er is in de leidingenstroken aan beide zijden van de Kloosterlaan weinig ruimte beschikbaar vanwege de vele bestaande kabels en leidingen in deze stroken. Naast deze leidingstrook bevindt zich een windturbine die de veiligheid van de leiding negatief beïnvloedt, er bevindt zich hier één beperkt kwetsbaar object (gebouw met industriefunctie) binnen de PR 10^{-6} per jaar contour.

Ruimte voor uitlegstroken en werkzaamheden en de bereikbaarheid werkterreinen

De bedrijfspercelen aan de oostkant van de Kloosterlaan zijn nog niet allemaal uitgegeven en/of bebouwd. Onduidelijk is nog hoe de situatie zal zijn tijdens de aanleg van het waterstofnetwerk. Van tevoren moeten goede afspraken worden gemaakt met Groningen Seaports en de bedrijven over de benodigde ruimte voor de werkzaamheden, om de veiligheid en bereikbaarheid tijdens de aanlegfase te waarborgen.

Geotechnische gesteldheid van de grond

In het gebied kan potklei voorkomen. Om de risico's zo veel mogelijk te beperken, wordt vooraf bodemonderzoek uitgevoerd.

4.4 Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep

Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat volledig uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er treden daarom geen technische bijzonderheden op.

4.5 Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl

Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat bijna geheel uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Daarnaast is er ongeveer 300 m aanleg van een nieuwe leiding. Er treden hierbij geen technische bijzonderheden op.

5 Toekomstvastheid

5.1 Inleiding

Bij de afweging van alternatieven speelt toekomstvastheid een rol. We kijken daarbij enerzijds naar toekomstige ontwikkelingen voor het Waterstofnetwerk Groningen zelf en anderzijds naar toekomstige ontwikkelingen in de omgeving.

5.2 Toekomstige ontwikkelingen Waterstofnetwerk Groningen

Capaciteitsuitbreiding van het Waterstofnetwerk Groningen is aan de orde als er meer industriële partijen op het hogedruknetwerk systeem willen aansluiten dan waarvoor het systeem is uitgelegd. Met de maatvoering van de buisleidingen wordt tot een bepaalde hoogte rekening gehouden met toekomstige ontwikkelingen. Dit wordt in onderstaande paragrafen per deelgebied toegelicht.

5.2.1 Deelgebied Eemshaven – Tjuchem

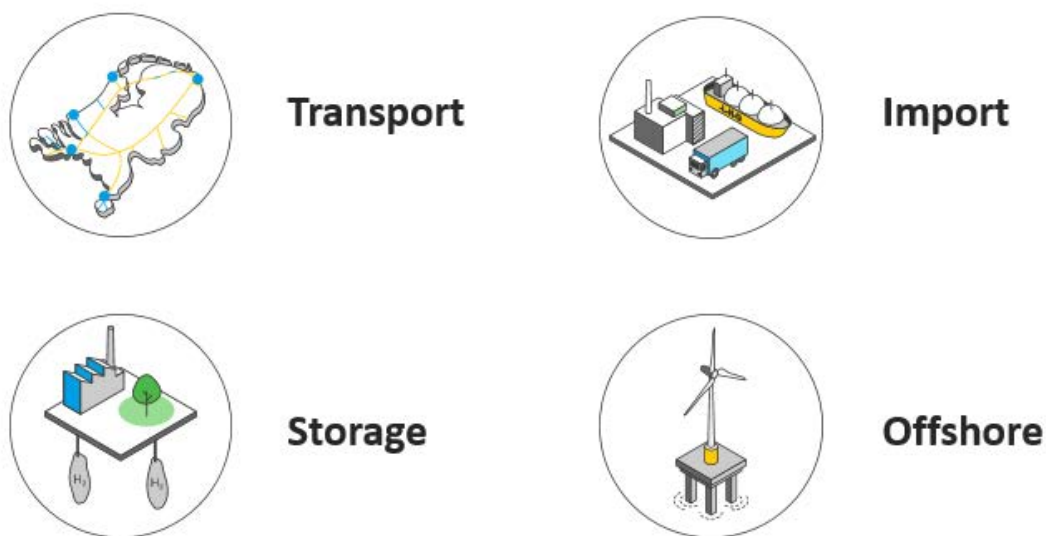
Voor de maatvoering van de nieuw aan te leggen buisleiding tussen Eemshaven naar Tjuchem wordt uitgegaan van een maximale diameter van DN1050. Dit komt neer op een diameter van afgerond 105 centimeter. Deze leiding vormt de verbinding met het landelijke waterstofnetwerk. Deze diameter is voor alle alternatieven in dit deelgebied gelijk.

Bij de bepaling van de netconfiguratie zijn toekomstige invoerders en afnemers in Noord Nederland in de industriële clusters Eemshaven, Delfzijl en Emmen betrokken. Daarnaast is rekening gehouden met de nieuw te realiseren ondergrondse opslag van waterstof in Zuidwending. Deze opslag zal op WN Groningen worden aangesloten en is noodzakelijk om vraag en aanbod van waterstof met elkaar in balans te kunnen brengen.

Tevens zullen er verbindingen worden gerealiseerd met nog te realiseren Duitse waterstofnetwerken achter Oude Statenzijl en Vlieghuis. Anticiperend op de verbindingen met de waterstofmarkt ten zuiden van Ommen zal het WN Groningen tot Ommen worden doorgetrokken (aansluiting via de afsluiterlocatie Nieuwediep op Waterstofnetwerk Drenthe Overijssel). Via Ommen zullen verbindingen worden gerealiseerd met de overige industriële clusters in Nederland (Rotterdam/Rijnmond, Noordzeekanaalgebied, Chemelot en Zeeland), Duitsland (Ruhrgebied) en België (Antwerpen, Gent).

Groningen heeft een groot potentieel voor de productie van waterstof. In de Cluster Energie Strategie (CES) voor Noord-Nederland wordt een jaarvolume voorzien van 70-250 PJ in 2035. Dit aanbod zal naar verwachting iets groter zijn dan de interne marktvraag, waarvoor een jaarvolume wordt voorzien van ongeveer 25-210 PJ in 2035. Er zijn in de regio meerdere initiatieven voor de productie van zowel groene waterstof (elektrolyse) als blauwe waterstof (geproduceerd uit aardgas in combinatie met CO₂ opslag) waarmee eerdergenoemde volumes gerealiseerd kunnen worden⁷. Deze productie is nu voornamelijk voorzien in de Eemshaven en in de haven van Delfzijl. De verwachting is dat zo'n 9 à 12 gigawatt (GW) aan waterstof getransporteerd zal worden vanuit de Eemshaven vanaf circa 2035.

⁷ De initiatieven in de Eemshaven en Delfzijl betreffen: HyNetherlands, Eemshydrogen, NorthH2, H2M (Equinor), Vattenfall Eemshaven West, GU H2 Holding Compressed Import, Eems Energy H2 Import, HKW/Oranjewind (RWE) en HyCC Scale up Eemshaven/Delfzijl.



Figuur 5-1 Vier pilaren van het waterstofnetwerk

Daarnaast is het mogelijk dat Eemshaven zal worden ingezet voor de import van waterstof per schip uit regio's in de wereld waar de kosten van groene elektriciteit veel lager zijn. De prognose is dat het hier zal gaan om een import ter grootte van circa 2,5 GWh/h in 2035.

Voor de grootschalige aanlanding van waterstof of waterstofproductie van het toekomstige Wind op Zee programma PAWOZ is nog ongewis of het aandeel waterstof in dit programma wordt aangesloten op WN Groningen of via een andere route aansluiting zal vinden op het landelijke netwerk⁸.

Bij de diameterbepaling van de leiding tussen Eemshaven en Tjuchem is rekening gehouden met de waterstofproductie vanaf de PAWOZ- demonstratiekavel van 500 MW vanuit, naar verwachting, het windgebied Ten Noorden van de Waddeneilanden. Dit geldt voor de periode tot het jaar 2031⁹. Ook is rekening gehouden met daarna maximaal circa 5 GW aan waterstof.

Bij het bepalen van de diameter is geen rekening gehouden met een oost-westverbinding tussen Waterstofnetwerk Groningen en Waterstofnetwerk Noordzeekanaalgebied via de IJsselmeerroute.

Capaciteitsverwachtingen die verder in de tijd liggen, worden niet actief door HNS in de markt uitgevraagd, omdat ze te onzeker zijn. Het is daarom onzeker hoeveel waterstof er uiteindelijk in de verdere toekomst vanuit de Eemshaven zal worden afgevoerd. Ook is het onzeker hoe het tegen die tijd staat met de beschikbaarheid van bestaande gastransportinfrastructuur die mee kan helpen deze waterstof te transporteren.

De netberekeningen hebben aangetoond dat een DN1050 leiding tussen Eemshaven en Tjuchem voldoet aan alle hierboven beschreven doeleinden, zeer robuust is en daarmee voldoende toekomstvast. Vanwege de omvang van de beschreven ontwikkelingen, is er geen sprake van een onderscheidend effect, die de keuze voor het VKA beïnvloedt.

5.2.2 Deelgebied Tjuchem – Delfzijl

De toekomstvastheid van het waterstofnetwerk tussen Tjuchem en Delfzijl wordt bepaald door de verwachte ontwikkelingen in het havengebied van Delfzijl. Voor de maatvoering van de nieuw aan te leggen buisleiding tussen

⁸ <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-12/Infograpich-routekaart-PAWOZ.pdf>

⁹ https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-02/Notitie-Reikwijdte-en-Detailniveau-PAWOZ_0.pdf

Tjuchem en Delfzijl wordt uitgegaan van een maximale diameter van DN400. Dit komt neer op een diameter van afgerond 40 cm.

In het havengebied in Delfzijl zijn meerdere bedrijven gevestigd (of willen zich vestigen) met het voornemen om duurzaam geproduceerde waterstof te gaan gebruiken of produceren. Groningen Seaports wil mogelijk in het havengebied een lokaal lagedruk waterstofnet realiseren. Via dit havennet kunnen producenten en gebruikers van waterstof met elkaar verbonden worden. Door de aansluiting van een mogelijk havennet op WN Groningen kan waterstof naar of van het landelijke waterstofnetwerk worden getransporteerd al naar gelang de behoefte. De realisatie van een lagedruk waterstofnetwerk is geen onderdeel van het project WN Groningen

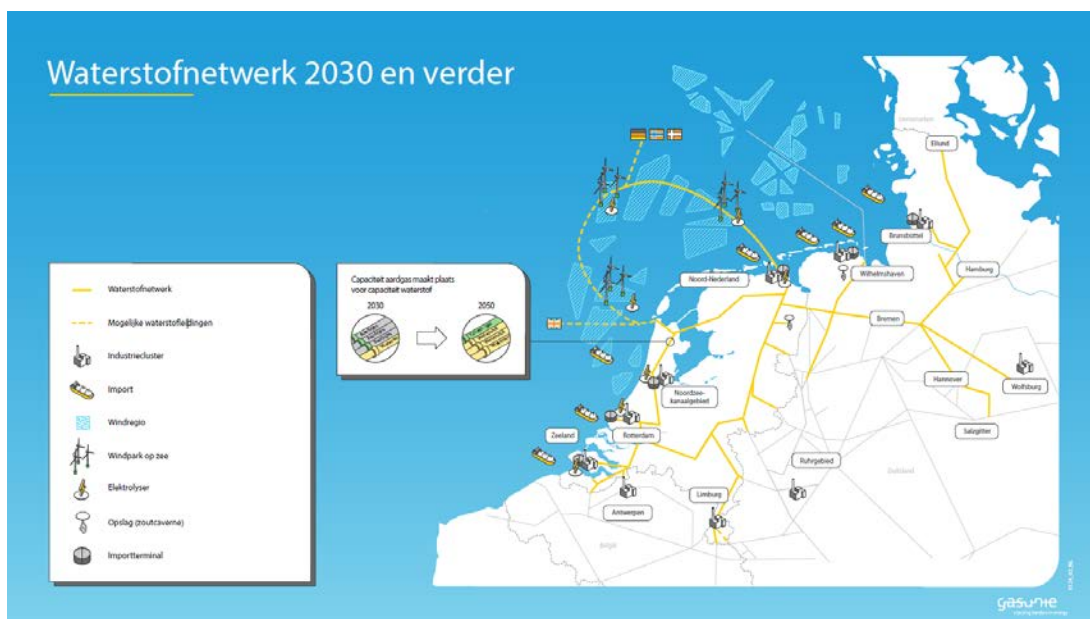
Bij de bepaling van de diameter is rekening gehouden met toekomstige producenten en afnemers in dit industriecluster. De verwachting is dat zo'n 9 à 12 GW aan waterstof getransporteerd zal worden vanuit de Eemshaven vanaf circa 2035. Daarvan zal vervolgens ongeveer 2 GW aan de industrie Delfzijl geleverd kunnen worden. De netberekeningen hebben aangetoond dat een buisleiding met een diameter van DN400 voldoende robuust is en daarmee toekomstvast.

5.2.3 Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep

Tussen Tjuchem en Nieuwediep wordt een bestaande DN1200 leiding ingezet (diameter 120 cm). In de berekeningen van het leidingdeel tussen Eemshaven en Tjuchem (zie paragraaf 5.2.1) is aangetoond dat een leiding met een diameter DN1050 volstaat. Daarmee is de inzet van een bestaande leiding die circa 20 cm groter is in diameter meer dan voldoende robuust en toekomstvast.

5.2.4 Deelgebied Scheemda – Oude Stanzijl

Voor de diameterbepaling van de leiding naar Oude Stanzijl is in de netberekeningen rekening gehouden met de verwachte vraag naar waterstof vanuit Noord-Duitsland (Hyperlink) alsmede de in Duitsland te realiseren opslagcapaciteit voor waterstof. Via Oude Stanzijl kunnen industriegebieden in de regio Hamburg, Bremen en Hannover van waterstof worden voorzien. Deze Duitse regio heeft een zeer grote vraagpotentie onder andere vanwege de staalindustrie daar. De leiding met een diameter van DN900 is voldoende robuust om de vraag te kunnen faciliteren.



Figuur 5-2 Hyperlink project

Bij Scheemda wordt een nieuwe circa 300 meter lange verbindingsleiding aangelegd, om de bestaande te hergebruiken leiding tussen Scheemda en Oude Stanzijl (DN900) aan te sluiten op de bestaande te hergebruiken leiding tussen Tjuchem en Nieuwediep (DN1200). De diameter van de verbindingsleiding is logischerwijs hetzelfde als de diameter van het aansluitende leidingdeel naar Oude Stanzijl.

5.3 Toekomstige ontwikkelingen in de omgeving

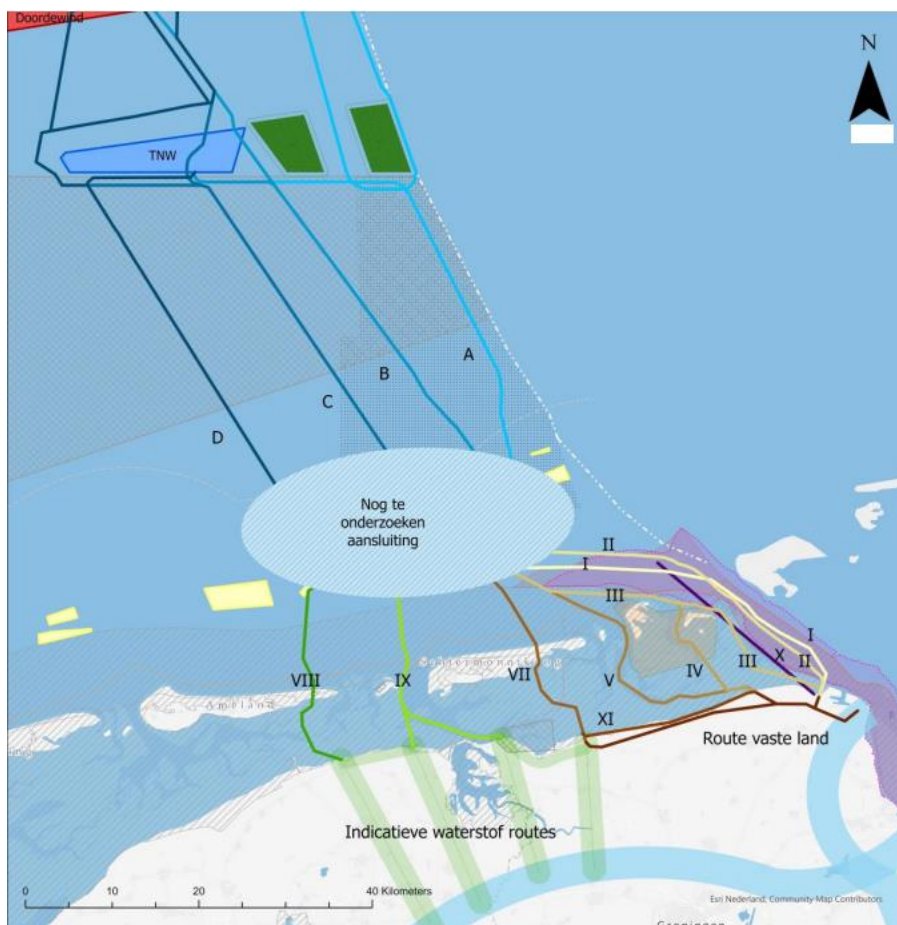
In de nabije omgeving van het Waterstofnetwerk Groningen zijn diverse toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen gepland die mogelijk van invloed kunnen zijn op het Waterstofnetwerk Groningen. In hoofdstuk 3 Omgeving zijn de mogelijke effecten van het waterstofnetwerk op een aantal van deze ontwikkelingen beschreven. Bij toekomstvastheid kijken we naar het mogelijke effect van deze ontwikkelingen op het Waterstofnetwerk Groningen.

5.3.1 Deelgebied Eemshaven – Tjuchem

PAWOZ-Eemshaven

Het Programma Aansluiting Wind Op Zee – Eemshaven (PAWOZ-Eemshaven) onderzoekt mogelijke routes voor het transport van energie vanuit de windenergiegebieden Doordewind en Ten Noorden van de Waddeneilanden naar de Eemshaven. Er worden meerdere gecombineerde kabel- en waterstofroutes onderzocht die uitkomen bij de Eemshaven. Dit zijn de routes I t/m V, VII, X1 en vaste land zoals weergegeven op onderstaande kaart. Overigens worden er ook waterstofroutes onderzocht die mogelijk na 2030 kunnen aansluiten op de IJsselmeerleiding (buiten scope WNG). Dit zijn de aangeduide routes VIII, IX en de indicatieve waterstofroute onshore.

De waterstofroutes die uitkomen bij de Eemshaven komen via de Oostpolder of een route ten zuiden daarvan uit bij het leidingtracé van WNG. De precieze locatie waar de mogelijke waterstofroutes uiteindelijk kunnen aansluiten op WNG wordt in het kader van het MER voor PAWOZ nader onderzocht. Hierbij geldt het beoogde leidingtracé van WNG als gegeven. Omdat de mogelijke aansluitpunten zich in de directe omgeving van de Eemshaven bevinden (dus buiten de tracé alternatieven), is deze ontwikkeling niet relevant voor de keuze van het VKA.



Figuur 5-3 Mogelijke routes PAWOZ

Oostpolder

Provincie Groningen en gemeente Het Hogeland willen de Oostpolder, het gebied direct ten zuiden van de Eemshaven, ontwikkelen tot een bedrijventerrein voor met name grootschalige bedrijven.

In het ontwerp-inpassingsplan voor de Oostpolder is rekening gehouden met het leidingtracé voor het waterstofnetwerk middels een aanduiding op de verbeelding. De stedenbouwkundige inrichting van de Oostpolder biedt daarmee expliciet ruimte voor het waterstofnetwerk, waarbij er dus geen belemmeringen zijn voor de geplande industriële ontwikkeling.

In de netwerkberekening voor WNG is rekening gehouden met de productie van 2,7 GW waterstof welke vanuit de Oostpolder kan worden afgevoerd.

Verdubbeling N33 Midden en Noord (N33 alternatief)

Het Rijk heeft in de kabinetsreactie "Nij Begun: op weg naar erkenning, herstel en perspectief" van 25 april 2023 aangegeven geld beschikbaar te stellen voor verdubbeling van de N33. Het betreft de projecten N33 Midden (Zuidbroek-Appingedam) en N33 Noord (Appingedam-Eemshaven). Voor het project N33 Noord wordt een MIRT-onderzoek voorbereid. Medio 2024 wordt duidelijk wanneer en hoe het project wordt opgestart. Het project N33 Noord is een belangrijk raakvlak voor het tracéalternatief N33. Op basis van de zienswijze van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is de oorspronkelijke tracélijn van dit alternatief circa 40 meter opgeschoven vanaf het huidige wegtracé, zodat er ruimte blijft voor de beoogde verdubbeling.

Het is echter niet uitgesloten dat een mogelijk waterstoftracé bij toekomstige verbreding van de N33 uiteindelijk toch een belemmering gaat vormen. Dit komt omdat de N33 wellicht plaatselijk moet worden verlegd, om het verbrede wegtracé verkeerskundig verantwoord in te passen.

Het kan naar verwachting nog jaren duren voordat er meer duidelijkheid komt over de toekomstige vormgeving en ligging van het wegtracé. Gelet op de overeengekomen klimaatdoelen kan de realisatie van het waterstofnetwerk daar echter niet op wachten.

5.3.2 Deelgebied Tjuchem – Delfzijl

Uitgifte nieuwe bedrijfskavels Oosterhorn

Het industrieterrein Oosterhorn is het grootste industrieterrein in Noord-Nederland en van groot economisch belang voor de provincie Groningen. Het is één van de weinige industrieterreinen in Nederland waar nog ruimte is voor de ontwikkeling van chemische industrie. Oosterhorn is een van de grote chemieclusters in Nederland en is, op grond van rijksbeleid, een van de concentratiegebieden in Nederland voor de topsector chemie.¹⁰

Op het industrieterrein Oosterhorn liggen met name op het oostelijke deel nog onbebouwde, niet in gebruik genomen kavels, die nog wachten op een koper of gebruiker.

In het verkavelingsplan voor Oosterhorn is tot op zekere hoogte rekening gehouden met ruimte voor nutsvoorzieningen. Hiervoor zijn kabels- en leidingstroken gedefinieerd. Het probleem is echter dat deze stroken soms nagenoeg vol zijn en onvoldoende ruimte bieden voor nieuwe kabels en leidingen. De beheerorganisatie voor het industriegebied, Groningen Seaports, zoekt momenteel in overleg met kabel- en leidingbeheerders naar oplossingen voor dit probleem.

Voor het Waterstofnetwerk Groningen is met GSP en in nauw overleg met andere stakeholders een leidingtracé afgestemd. Dit wordt de komende tijd in overleg met GSP nader uitgewerkt.

¹⁰ Gemeente Delfzijl: Voorontwerp Bestemmingsplan Oosterhorn. 13-12-2016.

5.3.3 Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep

Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat volledig uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er zijn voor dit deelgebied geen ruimtelijke ontwikkelingen bekend die mogelijk van invloed kunnen zijn op de toekomstvastheid van het waterstofnetwerk Groningen.

5.3.4 Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl

Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat voornamelijk uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er zijn voor dit deelgebied geen ruimtelijke ontwikkelingen bekend die mogelijk van invloed kunnen zijn op de toekomstvastheid van het waterstofnetwerk Groningen.

6 Investeringskosten

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt weergegeven hoe de kosten voor het project Waterstofnetwerk Groningen tussen de alternatieven verschillen.

6.2 Factoren voor kosten

De (aanleg)kosten van een alternatief worden bepaald door een aantal factoren:

1. De lengte van het tracé: de factor die het meest van invloed is op de aanlegkosten is de lengte van het tracé. Hoe langer het tracé is, hoe hoger de kosten zijn.
2. Het aantal en de lengte van boringen: een tracé in open ontgraving is goedkoper dan een tracé dat middels een boring moet worden aangelegd.
3. Het type boringen: de verschillende type boringen brengen verschillende kosten met zich mee. Zo is een HDD-boring duurder dan een GFT-boring.

De kosten van de aanleg van het waterstofnetwerk zijn naast de bovengenoemde factoren ook afhankelijk van de prijs van materiaalkosten die sterk kunnen fluctueren als gevolg van externe ontwikkelingen, de beschikbaarheid van materieel en onvoorziene zaken zoals vertragingen. Daarom wordt bij de inschatting van de kosten rekening gehouden met een 30% onzekerheidsmarge. Deze marge is echter gelijk voor alle alternatieven.

Voor aan te leggen en te ontmantelen afsluiterlocaties geldt dat er ook kosten worden gemaakt. Deze kosten zijn echter in verhouding tot de aan te leggen leiding klein (circa 1%). Bovendien geldt dat deze afsluiterlocaties voor alle alternatieven dienen te worden aangelegd en ontmanteld en daarmee niet onderscheidend zijn in kosten.

Voor aardgasleidingen die worden hergebruikt ten behoeve van het waterstofnetwerk, zoals tussen Tjuchem en Nieuwediep en tussen Scheemda en Oude Statenzijl, geldt dat er ook kosten verbonden zijn aan het reinigen van de leidingen. Deze zijn echter in verhouding tot het aanleggen van nieuwe leidingen zeer beperkt.

6.3 Deelgebied Eemshaven - Tjuchem

In onderstaande tabel is weergegeven hoe de investerings- en exploitatiekosten verschillen, afhankelijk van het gekozen alternatief. In de middelste kolom is aangegeven hoe de alternatieven zich tot elkaar verhouden, waarbij het goedkoopste alternatief als benchmark (100%) is genomen. In de tabel is ook weergegeven wat ongeveer de totale lengte van het tracé is, hoeveel daarvan in open ontgraving wordt aangelegd en hoeveel per type boring (in aantallen en lengte).

Alternatief	Kosten in %	Bepalende factoren
Basis	100	Circa 21 kilometer lang, waarvan circa 15 kilometer in open ontgraving en met circa 30 boringen waarvan circa 10 HDDs.
Waterleiding	105	Circa 23 kilometer lang, waarvan circa 16 kilometer in open ontgraving en met circa 30 boringen waarvan circa 10 HDDs.
N33	122	Circa 28 kilometer lang, waarvan circa 19 kilometer in open ontgraving en met circa 35 boringen waarvan circa 20 HDDs.

6.4 Deelgebied Tjuchem – Delfzijl

In dit deelgebied zijn geen alternatieven aanwezig. Een afweging op het gebied van kosten is daarom niet aan de orde. In onderstaande tabel is weergegeven wat ongeveer de totale lengte van het tracé is, hoeveel daarvan in open ontgraving wordt aangelegd en hoeveel per type boring (in aantallen en lengte). Dit geeft een indicatie van de kosten.

Totale lengte tracé	Lengte open ontgraving	Aantal boringen	Waarvan HDD
Circa 10 km	Circa 9 km	15	5

6.5 Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep

In dit deelgebied zijn geen alternatieven aanwezig. Een afweging op het gebied van kosten is daarom niet aan de orde. De totale lengte van het tracé bedraagt circa 29 km. Er is sprake van volledig hergebruik van bestaande leidingen, daarmee zijn de kosten zeer beperkt.

6.6 Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl

In dit deelgebied zijn geen alternatieven aanwezig. Een afweging op het gebied van kosten is daarom niet aan de orde. De totale lengte van het tracé bedraagt circa 21 km. Daarvan bedraagt circa 300 meter nieuwbouw. Voor het overgrote deel van het tracé is sprake van hergebruik van bestaande leidingen, daarmee zijn de kosten zeer beperkt.

7 Samenvatting integrale effectenanalyse

WN Groningen is voor de effectstudies opgedeeld in vier deelgebieden. In één deelgebied zijn tracéalternatieven onderzocht waartussen voor het VKA een keuze gemaakt wordt. In de andere drie deelgebieden zijn geen alternatieven. Ook voor deze deelgebieden zijn de grootste effecten en issues in beeld gebracht in deze IEA, zodat bij het bepalen van het VKA dit meegewogen kan worden.

Hieronder wordt per deelgebied in tabelvorm een overzicht gegeven van de belangrijkste informatie en aandachtspunten en, in het geval van het deelgebied Eemshaven – Tjuchem, voor de keuze tussen de tracé alternatieven. In de tabellen zijn alleen de aspecten die onderscheidend zijn of de effecten die consequenties hebben voor de vervolgfase, zoals benodigde vergunningen en ontheffingen, ontwerpoptimalisaties of nader onderzoek en maatregelen.

7.1 Deelgebied Eemshaven – Tjuchem

Pijler	Thema/issue	Basis	Waterleiding	N33
Milieu	Bodem	Voor de drie alternatieven geldt dat er 3 waterkeringen in het invloedsgebied van de bemalingen. Dat geeft een risico op zettingsschade.		
		Voor het basis alternatief en waterleiding alternatief geldt dat er rond de 20 panden van voor 1970 binnen het invloedsgebied van de bemalingen liggen.	Voor het waterleiding alternatief geldt dat vanwege aanwezige bodemverontreinigingen onder saneringscondities gewerkt moet worden, waardoor de bodemkwaliteit hier zal verbeteren ten opzichte van de huidige situatie.	Voor het N33 alternatief betreffen dit circa 90 panden.
	Natuur	Voor het aspect gebiedsbescherming geldt dat alle alternatieven op minder dan 5 kilometer afstand van Natura 2000-gebieden liggen. Door deze afstand kunnen directe effecten op Natura 2000-gebieden (zoals verstoring) uitgesloten worden, maar zijn effecten door stikstofdepositie in de aanlegfase niet uit te sluiten. Wat betreft beschermde soorten geldt dat bij alle alternatieven meer dan 3 beschermde soorten voorkomen binnen de werksfeer van het tracé, waardoor mogelijk negatieve effecten op deze soorten kunnen optreden.		
		Voor het basis alternatief en waterleiding alternatief geldt dat er 4 tot 5 natuurlijke landschapselementen worden doorkruist met open ontgraving. Al deze natuurlijke landschapselementen bevatten ecologische waarden en ondervinden een tijdelijk effect van de werkzaamheden		Het N33 alternatief doorkruist zeven natuurlijke landschapselementen met ecologische waarden waarvan één een permanent effect ondervindt, namelijk kapwerkzaamheden zonder herbeplanting.
		Voor het basis alternatief en waterleiding alternatief geldt dat er tussen de 5 en 20 kilometer aan open ontgraving zal plaatsvinden door leefgebied van beschermde soorten.		Bij het N33 alternatief zal meer dan 20 kilometer open ontgraving door leefgebied gaan
	Landschap, cultuurhistorie en archeologie	Er is bij alle alternatieven sprake van aantasting van de directe omgeving (bomenrijen) en/of karakteristieke panden, waaronder Rijksmonumenten (Oostpolderweg 6-8/Damsterweg 41) en van karakteristieke waterlopen, dijk- en wegenpatronen waarbij het historisch profiel mogelijk wordt aangetast. Tevens is er vanwege raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden een noodzaak tot vervolgonderzoek. Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten. Daarnaast is er door doorsnijding van meerdere (buffers rond) AMK-terreinen naar verwachting sprake van aantasting van archeologisch waardevolle terreinen, en is er noodzaak tot vervolgonderzoek. Dit geldt voor alle alternatieven.		

Pijler	Thema/issue	Basis	Waterleiding	N33
	<i>Externe veiligheid</i>	Alleen voor een van de aansluitleidingen in de Eemshaven geldt dat er een beperkt kwetsbaarre gebouwen en beperkt kwetsbare locaties binnen de plaatsgebonden risicocontour van de leiding liggen als gevolg van de windturbines in de nabijheid van de leiding.		
		Bij het basis alternatief gaat het om 122 kwetsbare gebouwen / locatie binnen het brandaandachtsgebied. Een deel hiervan bevindt zich nabij buurtschappen / dorpen / steden met een gemiddelde bevolkingsdichtheid.	Bij het waterleiding alternatief bevinden zich 37 kwetsbare gebouwen / locaties binnen het brandaandachtsgebied, de bevolkingsdichtheid is hier klein.	Er bevinden zich 422 kwetsbare gebouwen / locaties binnen het brandaandachtsgebied van het N33 alternatief . Vanwege de ligging van het tracé nabij Appingedam is de bevolkingsdichtheid groot
		Bij het basis alternatief ligt de fN-curve van de groepsrisico er ruim de oriëntatiewaarde	Bij het waterleiding alternatief is er geen sprake van een groepsrisico	Bij het N33 alternatief is het groepsrisico het hoogst
		Bij het basis alternatief ligt het brandaandachtsgebied van de waterstofleiding grotendeels binnen het brandaandachtsgebied van bestaande leidingen	Bij het waterleiding alternatief ligt het brandaandachtsgebied van de waterstofleiding maar deels in het brandaandachtsgebied, doordat deze verder van de bestaande aardgasleidingen is verwijderd.	Het brandaandachtsgebied van de N33 is veel kleiner en hier ligt geen aardgasleiding, daarom ligt het brandaandachtsgebied van de waterstofleiding grotendeels buiten bestaand brandaandachtsgebied.
	<i>Ruimtegebruik</i>	Voor alle alternatieven ligt veruit het grootste deel van het tracé op landbouwgrond met een totale doorsnijding (agrarisch en agraris met waarden samen) van meer dan 20 km.		
	<i>Duurzaamheid</i>	Bij alle alternatieven bedraagt de nieuwbouw meer dan 20 km. Daardoor is er sprake van een grote hoeveelheid energiegebruik en toename van CO ₂ als gevolg van de aanleg van het waterstofnetwerk. Hiermee is ook sprake van een grote hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen.		
	<i>Ontploffbare oorlogsresten</i>	Voor alle alternatieven geldt dat het onderzochte gebied deels verdacht is op de aanwezigheid van ontploffbare oorlogsresten. Door onderzoek en eventuele verwijdering van ontploffbare oorlogsresten voorafgaand aan de werkzaamheden zal de situatie ter plekke verbeteren.		

Pijler	Thema/issue	Basis	Waterleiding	N33
	<i>Geluid en trillingen</i>	Voor het basis alternatief en waterleiding alternatief geldt dat er een beperkt geluidseffect op de omliggende geluidsgevoelige omgeving wordt verwacht, omdat bij circa 45 tot 56 woningen een geluidsbelasting van >50 dB(A) zal optreden bij de werkzaamheden.		Bij het N33 alternatief wordt een groter geluidseffect verwacht, omdat het hier om circa 102 tot 109 woningen gaat. Echter, zal voor dit tracé – doordat gebundeld wordt met spoor en weg – het geluid vanwege de aanlegwerkzaamheden mogelijk worden gemaskeerd door het weg- en railverkeer, waardoor dit cumulatief (van alle bronnen gezamenlijk) minder hinderlijk is voor de bewoners omdat er al geluid aanwezig is ter plaatse.
		Voor het basis alternatief en waterleiding alternatief geldt dat er beperkte trillinghinder op de omliggende omgeving wordt verwacht		Bij het N33 alternatief wordt er meer trillinghinder verwacht.
Omgeving	<i>Inpassing havengebied Eemshaven</i>	Voor alle alternatieven geldt dat aandacht voor en afstemming nodig is over ruimtelijke inpassing van de tracés en het voorkomen van problemen in de realisatiefase in verband met ontwikkelingen in het havengebied Eemshaven.		
	<i>Inpassing Oostpolder</i>	Voor alle alternatieven geldt dat aandacht voor en afstemming nodig is over ruimtelijke inpassing van de tracés en het voorkomen van problemen in de realisatiefase in verband met ontwikkelingen in de Oostpolder.		
	<i>Bestaande en toekomstige hoogspanningsinfrastructuur</i>	Voor alle alternatieven geldt dat aandacht voor en afstemming nodig is over ruimtelijke inpassing van de tracés in verband met wederzijdse beïnvloeding tussen bestaande en toekomstige hoogspanningsinfrastructuur, waaronder een nieuw 380kV-station in de Oostpolder en converterstations en verbindingen in de Oostpolder en Eemshaven vanuit programma PAWOZ.		
	<i>Effecten leiding aanleg op agrarische waarden</i>	Voor alle alternatieven geldt dat er belemmeringen op agrarische waarden kunnen optreden.	Voor alle alternatieven geldt dat er belemmeringen op agrarische waarden kunnen optreden. Indien permanente effecten worden beschouwd als meest belemmerend, dan is het waterleiding alternatief het minst belemmerend als gevolg van de kortere lengte en de minste doorsnijding door huiskavels.	Voor alle alternatieven geldt dat er belemmeringen op agrarische waarden kunnen optreden.

Pijler	Thema/issue	Basis	Waterleiding	N33
	<i>Verdubbeling N33 Noord Appingedam – Eemshaven</i>			Om rekening te houden met de beoogde verdubbeling van de N33 is het tracé van het N33 alternatief circa 40 meter van de N33 af gelegd. Dit zorgt er voor dat de aangepaste tracélijn niet dicht langs de randen van agrarische percelen loopt, maar een veel groter deel van deze percelen belemmert.
	<i>Bestaande landbouwkundige schade op/langs tracé</i>		Het alternatief waterleiding bundelt met recent aangelegde waterleidingen. Omdat de waterleidingen relatief kort geleden zijn aangelegd, zijn nog niet alle schades aan landbouwpercelen als gevolg van de aanlegactiviteiten verholpen. Het risico bestaat dat wanneer er in deze landbouwpercelen opnieuw een (waterstof)leiding wordt aangelegd, er onduidelijkheid kan ontstaan over welke partij (Waterbedrijf of HNS) verantwoordelijk is voor de schade.	
	<i>Nieuw belemmeringen- gebied</i>	Voor het basis en waterleiding alternatief zijn al belemmeringengebieden aanwezig rondom bestaande de water- en aardgasleidingen. De komst van het waterstofnetwerk zorgt voor een uitbreiding van het belemmeringengebied.		Voor het N33 alternatief is nog geen belemmeringengebied aanwezig. De komst van het waterstofnetwerk zorgt voor een nieuw belemmeringengebied.

Pijler	Thema/issue	Basis	Waterleiding	N33
				Bij het N33 alternatief zijn er twee locaties (Holwierderweg 4 en 22) waar dit belemmeringsgebied in relatie tot bebouwing dusdanig is gesitueerd, dat hiermee mogelijk toekomstige uitbreidingen van agrarische (bouw)percelen en toevoegingen van bebouwing op woonpercelen (bijvoorbeeld een schuurtje) belemmerd worden.
Techniek	Lengte/aantal boringen en type boringen	Alle alternatieven grotendeels in open ontgraving en meerdere boringen op het gezamenlijke deel van de tracés, zowel HDD-boringen als GFT/OFT boringen. De kruising van het Eemskanaal is een complexe kruising vanwege mogelijk diepe damwanden en het hoge waterniveau van het Eemskanaal.		
		Ongeveer 30 kruisingen waarvan circa 10 HDD-boringen	Ongeveer 35 kruisingen waarvan circa 20 HDD-boringen	
	Ruimte voor leiding	In de Eemshaven en bij de Lage Trijnweg zorgt kruising met bovengrondse hoogspanningsverbinding voor veiligheidsbeperkingen.		
		In de Oostpolder zo veel mogelijk aan de oostkant om hoogspanningsbeïnvloeding van de leidingen tegen te gaan.		
		Windturbines bevinden zich alleen langs het gezamenlijke gedeelte van het tracé in de Eemshaven en de Oostpolder. Nabij deze windturbines wordt een HDD-boring toegepast waardoor de mogelijke effecten op veiligheid gedeeltelijk gemitigeerd worden. De HDD-boring is echter beperkt in lengte, waardoor deze toch tussen deze windturbines boven zullen komen. Ook bevindt het afsluiterschema zich dichtbij windturbines.		
		Alle alternatieven kruisen de N33 ter hoogte van de Oostpolder schuin.		
		Het basis alternatief bevat een relatief smalle doorgang bij Oosterwijtwerd waar zich al meerdere andere leidingen in de grond bevinden.	Het waterleiding alternatief ligt meer in de vrije ruimte waardoor er minder bijzonderheden worden verwacht	Bij het N33 alternatief is niet overal ruimte voor de toekomstige verbreding van de N33 en de leiding. Ook wordt een boerderij ingesloten tussen de N33 en de leiding.
	Ruimte voor aanleg	De uitlegstrook van een circa 1080 meter lange HDD-boring ten zuiden van de Schilweg loopt over gronden waar geen nieuwe leiding komt en ook geen bestaande leidingen liggen.		

Pijler	Thema/issue	Basis	Waterleiding	N33
		Op enkele locaties bouwverkeer nabij woonkernen.	Vrij liggend tracé	Langere bouwwegen benodigd om lintbebouwing te ontzien van bouwverkeer
	<i>Geotechnische gesteldheid van de grond</i>	Mogelijk potklei in de ondergrond, dit vormt een risico voor boringen		
Toekomst vastheid	<i>Diameter</i>	Bij het bepalen van de diameter voor de aan te leggen leidingen is rekening gehouden met een transportcapaciteit van 9 à 12 GW aan waterstof vanuit de Eemshaven inclusief de waterstofproductie vanuit PAWOZ van maximaal circa 5 GW. De diameter van de nieuw aan te leggen leiding is voor alle alternatieven voldoende robuust en toekomstvast.		
	<i>PAWOZ-Eemshaven</i>	De precieze locatie waar de mogelijke waterstofroutes uiteindelijk kunnen aansluiten op WNG wordt in het kader van het MER voor PAWOZ nader onderzocht. Hierbij geldt het beoogde leidingtracé van WNG als gegeven. Omdat de mogelijke aansluitpunten zich in de directe omgeving van de Eemshaven bevinden (dus buiten de tracé alternatieven), is deze ontwikkeling niet relevant voor de keuze van het VKA.		
	<i>Oostpolder</i>	In het ontwerp-inpassingsplan voor de Oostpolder is rekening gehouden met het leidingtracé voor het waterstofnetwerk middels een aanduiding op de verbeelding. Dit is niet onderscheidend voor de alternatieven.		
	<i>Verdubbeling N33 Midden en Noord</i>	Bij tracébeplanning is rekening gehouden met een afstand van 40 meter tot aan de N33, om ruimte te bieden voor de verdubbeling. Het is echter niet uitgesloten dat een mogelijk waterstoftracé bij toekomstige verbreding van de N33 uiteindelijk toch een belemmering gaat vormen. Dit komt omdat de N33 wellicht plaatselijk moet worden verlegd, om het verbrede wegtracé verkeerskundig verantwoord in te passen.		
Kosten	<i>Investeringskosten</i>	100%	105%	122%

7.2 Deelgebied Tjuchem – Delfzijl

Pijler	Thema/issue	
Milieu	<i>Water</i>	Door de bemalingen kunnen effecten op het grondwater optreden. Er worden zonder mitigerende maatregelen negatieve effecten verwacht op de grondwaterkwaliteit.
	<i>Natuur</i>	De kortste afstand tot N2000 gebied is minder dan 5km. Door deze afstand kunnen directe effecten op Natura 2000-gebieden (zoals verstoring) uitgesloten worden, maar zijn effecten door stikstofdepositie in de aanlegfase niet uit te sluiten. Wat betreft beschermde soorten geldt dat meer dan 3 beschermde soorten voorkomen binnen de werksfeer van het tracé en dat er tussen de 5 en 20 kilometer aan open ontgraving zal plaatsvinden door leefgebied van beschermde soorten, waardoor mogelijk negatieve effecten op deze soorten kunnen optreden.
	<i>Landschap, cultuurhistorie en archeologie</i>	Er is vanwege raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden een noodzaak tot vervolgonderzoek. Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten.
	<i>Externe veiligheid</i>	Voor dit tracé geldt dat een beperkt kwetsbare gebouw binnen de plaatsgebonden risicocontour van de leiding liggen als gevolg van windturbines. Er liggen 11 beperkt kwetsbare gebouwen binnen het brandaandachtsgebied van de leiding. Er is geen sprake van een groepsrisico op basis van een berekende fN-curve. Het brandaandachtsgebied overlapt deels met bestaand brandaandachtsgebied voornamelijk van de naast gelegen bestaande aardgasleiding.
	<i>Ruimtegebruik landbouw</i>	Ruim de helft van het tracé in dit deelgebied ligt op agrarisch terrein. De totale doorsnijding is 6,9 km.
	<i>Duurzaamheid</i>	De lengte van de nieuwbouw bedraagt circa 10,3 kilometer. Daardoor is er sprake van een matige hoeveelheid energiegebruik en toename van CO ₂ als gevolg van de aanleg van het waterstofnetwerk. Hiermee is ook sprake van een matige hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen.
	<i>Ontplofbare oorlogsresten</i>	Het onderzochte gebied langs het tracé is deels verdacht op de aanwezigheid van ontplofbare oorlogsresten. Door onderzoek en eventuele verwijdering van ontplofbare oorlogsresten voorafgaand aan de werkzaamheden zal de situatie ter plekke verbeteren.
Omgeving	<i>Inpassing en realisatie leidingtracés in havengebied Oosterhorn</i>	Aandacht voor en afstemming nodig over ruimtelijke inpassing van de tracés en het voorkomen van problemen in de realisatiefase in verband met ontwikkelingen in het havengebied Oosterhorn.
	<i>Toekomstige hoogspanningsinfrastructuur</i>	Aandacht voor en afstemming nodig over ruimtelijke inpassing van de tracés in verband met wederzijdse beïnvloeding tussen bestaande en toekomstige hoogspanningsinfrastructuur, waaronder een nieuw 220/110kV-station met verbindingen in de omgeving van Farmsum.

	<i>Effecten leiding aanleg op agrarische waarden</i>	De aspecten uit de Analyse agrarische waarden geven alles overziend een negatief effect op de agrarische waarden.
Techniek	<i>Lengte/aantal boringen en type boringen</i>	Ongeveer 15 boringen waarvan ongeveer 5 HDD-boringen. De watergang Wagenborgermaar wordt gekruist middels een circa 260 meter lange HDD-boring. In het verleden zijn hier bij de aanleg van andere leidingen in open ontgraving problemen geweest met bemaling. Door te kiezen voor een HDD-boring worden problemen zoveel mogelijk voorkomen
	<i>Ruimte voor leiding</i>	Grotendeels parallel aan een bestaande gasleiding van Gasunie, met voldoende afstand tussen beide leidingen. Tracé zoveel mogelijk aan de rand gepositioneerd bij perceel ten noorden van de N362 vanwege toekomstig zonnepark. Ten noorden van de N992 Warvenweg lange HDD-boring om meerdere wegen te kruisen, schaarse ruimte in de leidingenstrook te sparen en mogelijke negatieve effecten van de windturbines aan de zuidkant van de weg te vermijden. In leidingstroken Kloosterlaan is weinig ruimte, naastgelegen windturbine vergroot de risicocontour van de leiding, daardoor bevindt zich hier één beperkt kwetsbaar object (gebouw met industrie functie) binnen de PR 10^{-6} per jaar contour.
	<i>Ruimte voor aanleg</i>	Bedrijfspercelen aan de oostkant van de Oosterlaan nog niet allemaal uitgegeven en/of bebouwd. Goede afspraken maken met Groningen Seaports en de bedrijven over de benodigde ruimte voor de werkzaamheden, om de veiligheid en bereikbaarheid tijdens de aanlegfase te waarborgen.
	<i>Geotechnische gesteldheid van de grond</i>	Mogelijk potklei in de ondergrond, dit vormt een risico voor boringen
Toekomstvastheid	<i>Diameter leidingen</i>	Bij het bepalen van de diameter voor de aan te leggen leiding is rekening gehouden met een transportcapaciteit van 9 à 12 GW aan waterstof vanuit de Eemshaven waarvan ongeveer 2 GW aan de industrie Delfzijl geleverd kan worden. De diameter van de nieuw aan te leggen leiding is voldoende robuust en toekomstvast
	<i>Uitgifte nieuwe bedrijfskavels Oosterhorn</i>	In het verkavelingsplan voor Oosterhorn is tot op zekere hoogte rekening gehouden met ruimte voor nutsvoorzieningen. Hiervoor zijn kabels- en leidingenstroken gedefinieerd. Het probleem is echter dat deze stroken soms nagenoeg vol zijn en onvoldoende ruimte bieden voor nieuwe kabels en leidingen. De beheerorganisatie voor het industriegebied, Groningen Seaports, zoekt momenteel in overleg met kabel- en leidingbeheerders naar oplossingen voor dit probleem. Voor het Waterstofnetwerk Groningen is met GSP een leidingtracé afgestemd.

Kosten

Investeringskosten

In dit deelgebied zijn geen alternatieven aanwezig. Er is dus geen afweging op het gebied van kosten mogelijk.

7.3 Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep

Pijler	Thema/issue	
Milieu	Natuur	De kortste afstand tussen de afsluiterlocaties tot N2000 gebied is tussen de 5 en de 15 kilometer. Door deze afstand kunnen directe effecten op Natura 2000-gebieden (zoals verstoring) uitgesloten worden, maar zijn effecten door stikstofdepositie in de aanlegfase niet uit te sluiten. Wat betreft beschermde soorten geldt dat meer dan 3 beschermde soorten voorkomen binnen de werksfeer van de afsluiterlocaties, waardoor mogelijk negatieve effecten op deze soorten kunnen optreden.
	Duurzaamheid	Vanwege het hergebruik is er geen sprake van (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen voor de leiding en wordt zeer goed aangesloten bij het circulaire ontwerpprincipes van hergebruik.
Omgeving	Omgevingsissues	Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat volledig uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er zijn voor dit deelgebied geen specifieke omgevingsissues.
Techniek	Technische issues	Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat volledig uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er treden daarom geen technische bijzonderheden op
Toekomstvastheid	Diameter leidingen	De inzet van een bestaande leiding is circa 20 cm groter in diameter dan de nieuwe leiding bij Eemshaven - Tjuchem en is daarmee meer dan voldoende robuust en toekomstvast.
	Toekomstige ontwikkelingen in de omgeving	Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat volledig uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er zijn voor dit deelgebied geen ruimtelijke ontwikkelingen bekend die mogelijk van invloed kunnen zijn op de toekomstvastheid van het waterstofnetwerk Groningen.
Kosten	Investeringskosten	In dit deelgebied zijn geen alternatieven aanwezig. Er is dus geen afweging op het gebied van kosten mogelijk.

7.4 Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl

Pijler	Thema/issue	
Milieu	Natuur	De kortste afstand tussen nieuw aan te leggen tracédeel en de afsluiterlocaties tot N2000 gebied is minder dan 5 kilometer. Door deze afstand kunnen directe effecten op Natura 2000-gebieden (zoals verstoring) uitgesloten worden, maar zijn effecten door stikstofdepositie in de aanlegfase niet uit te sluiten. Daarnaast overlappen drie afsluiterlocaties met akkervogelleefgebied en vormen daarom een middelgroot risico. Wat betreft beschermde soorten geldt dat meer dan 3 beschermde soorten voorkomen binnen de werksfeer van de afsluiterlocaties, waardoor mogelijk negatieve effecten op deze soorten kunnen optreden.
	Duurzaamheid	Omdat het om zo'n kleine afstand nieuwbouw gaat ten opzichte van het totale tracé is er sprake van een zeer kleine hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen. Voor dit tracé wordt goed aangesloten bij de circulaire ontwerpprincipes.
Omgeving	Omgevingsissues	Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat grotendeels uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er zijn voor dit deelgebied geen specifieke omgevingsissues.
Techniek	Technische issues	Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat grotendeels uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er treden daarom geen technische bijzonderheden op.
Toekomstvastheid	Diameter leidingen	Voor de diameterbepaling van de leiding naar Oude Statenzijl is in de netberekeningen rekening gehouden met de verwachte vraag naar waterstof vanuit Noord-Duitsland (Hyperlink) alsmede de in Duitsland te realiseren opslagcapaciteit voor waterstof.
	Toekomstige ontwikkelingen in de omgeving	Het waterstofnetwerk in dit deelgebied bestaat grotendeels uit hergebruik van bestaande aardgastransportleidingen. Er zijn voor dit deelgebied geen ruimtelijke ontwikkelingen bekend die mogelijk van invloed kunnen zijn op de toekomstvastheid van het waterstofnetwerk Groningen.
Kosten	Investeringskosten	In dit deelgebied zijn geen alternatieven aanwezig. Er is dus geen afweging op het gebied van kosten mogelijk.

Bijlage A Overzichtstabellen milieueffectscores

Deelgebied Eemshaven – Tjuchem

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé		Waterleiding tracé		N33 tracé	
			score	toelichting	score	toelichting	score	toelichting
Bodem	Bodemkwaliteit	Beïnvloeding bodemkwaliteit	0/+	De verwachte kwaliteit van de bodem voldoet voor het grootste deel aan de achtergrondwaarde. Er zijn enkele aandachtslocaties waar de (water)bodemkwaliteit onvoldoende inzichtelijk is. Op deze locaties zal aanleg van het tracé de bodemkwaliteit niet of positief beïnvloeden.	0/+	Nabij Garreweer zal vanwege aanwezige bodemverontreinigingen onder saneringscondities gewerkt moeten worden.	0/+	De verwachte kwaliteit van de bodem voldoet voor het grootste deel aan de achtergrondwaarde. Er zijn enkele aandachtslocaties waar de (water)bodemkwaliteit onvoldoende inzichtelijk is. Op deze locaties zal aanleg van het tracé de bodemkwaliteit niet of positief beïnvloeden.
	Zettingen	Beïnvloeding gebouwen door bemaling	-	Er bevinden zich 19 panden van voor 1970 binnen het 0.05m-invloedsgebied van de bemalingen bij de GLG. Dat geeft een risico op zettingsschade.	-	Er bevinden zich 23 panden van voor 1970 binnen het 0.05m-invloedsgebied van de bemalingen bij de GLG. Dat geeft een risico op zettingsschade.	--	Er bevinden zich 90 panden van voor 1970 binnen het 0.05m-invloedsgebied van de bemalingen bij de GLG. Dat geeft een risico op zettingsschade.
		Beïnvloeding stabiliteit van waterkeringen	-	Er bevinden zich 3 waterkeringen in het invloedsgebied van de bemalingen. Dat geeft een risico op zettingsschade.	-	Er bevinden zich 3 waterkeringen in het invloedsgebied van de bemalingen. Dat geeft een risico op zettingsschade.	-	Er bevinden zich 3 waterkeringen in het invloedsgebied van de bemalingen. Dat geeft een risico op zettingsschade.

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé		Waterleiding tracé		N33 tracé	
			score	toelichting	score	toelichting	score	toelichting
Water	Grondwater	Beïnvloeding grondwaterkwantiteit en -kwaliteit	0/-	Er is meer geohydrologisch onderzoek nodig om uit te sluiten dat er geen negatieve effecten op de grondwaterkwaliteit zullen zijn door de bemalingen. Er worden verder geen negatieve effecten verwacht op het grondwater door de aanleg van afsluiterlocaties.	0/-	Er is meer geohydrologisch onderzoek nodig om uit te sluiten dat er geen negatieve effecten op de grondwaterkwaliteit zullen zijn door de bemalingen. Er worden verder geen negatieve effecten verwacht op het grondwater door de aanleg van afsluiterlocaties.	0/-	Er is meer geohydrologisch onderzoek nodig om uit te sluiten dat er geen negatieve effecten op de grondwaterkwaliteit zullen zijn door de bemalingen. Er worden verder geen negatieve effecten verwacht op het grondwater door de aanleg van afsluiterlocaties.
	Oppervlaktewater	Beïnvloeding oppervlaktewaterkwantiteit en -kwaliteit	0/-	Het is niet uit te sluiten dat het bemalingswater een (licht) negatief effect heeft op de bergings- en/of hydraulische capaciteit van het oppervlaktewatersysteem, vooral in het beheergebied van Hunze en Aa's waar het waterbezwaar door bemaling groot is. Verder is de grondwaterkwaliteit nog niet gemeten. Hierdoor is niet uit te sluiten dat de grondwaterkwaliteit niet voldoet aan de waterkwaliteitseisen voor het lozen op oppervlaktewater.	0/-	Het is niet uit te sluiten dat het bemalingswater een (licht) negatief effect heeft op de bergings- en/of hydraulische capaciteit van het oppervlaktewatersysteem, vooral in het beheergebied van Hunze en Aa's waar het waterbezwaar door bemaling groot is. Verder is de grondwaterkwaliteit nog niet gemeten. Hierdoor is niet uit te sluiten dat de grondwaterkwaliteit niet voldoet aan de waterkwaliteitseisen voor het lozen op oppervlaktewater.	0/-	Het is niet uit te sluiten dat het bemalingswater een (licht) negatief effect heeft op de bergings- en/of hydraulische capaciteit van het oppervlaktewatersysteem, vooral in het beheergebied van Hunze en Aa's waar het waterbezwaar door bemaling groot is. Verder is de grondwaterkwaliteit nog niet gemeten. Hierdoor is niet uit te sluiten dat de grondwaterkwaliteit niet voldoet aan de waterkwaliteitseisen voor het lozen op oppervlaktewater.
Natuur	Beschermd gebied	Natura 2000	--	Kortste afstand tot N2000 is <5km	--	Kortste afstand tot N2000 is <5km	--	Kortste afstand tot N2000 is <5km
		NNN-gebieden	0	Geen effect	0	Geen effect	0	Geen effect
	Natuurlijke landschaps elementen	Vogel leef- en foerageergebieden	0/-	Ruimtebeslag binnen gebied is <10km	0/-	Ruimtebeslag binnen gebied is <10km	0/-	Ruimtebeslag binnen gebied is <10km
		Doorkruisen of aantasten natuurlijke landschapselementen	0/-	≤5 landschapselementen worden doorkruist met open ontgraving	0/-	≤5 landschapselementen worden doorkruist met open ontgraving	--	Effect op bosschage is permanent
		Beschermd soorten	Hoeveelheid beschermde soorten	--	>3 beschermde soorten	--	>3 beschermde soorten	--
Lengte open ontgraving door leefgebied	-		Lengte open ontgraving is 5-20 km	-	Lengte open ontgraving is 5-20 km	--	Lengte open ontgraving is >20km	

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé		Waterleiding tracé		N33 tracé	
			score	toelichting	score	toelichting	score	toelichting
Landschap, Cultuurhistorie, Archeologie	Landschap	Aantasting van natuurlijk landschappelijke en aardkundige waarden	0/-	Aantasting van karakteristieke natuurlijke waterlopen door aanleg van zinkers.	0/-	Aantasting van karakteristieke natuurlijke waterlopen door aanleg van zinkers.	0/-	Aantasting van karakteristieke natuurlijke waterlopen door aanleg van zinkers.
		Beïnvloeding van groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen	0/-	Effect op groene kwaliteit ter hoogte van Oostpolderweg 6-8 (dubbele bomenrij langs oprijlaan) en aantasting van karakteristieke waterlopen.	0/-	Effect op groene kwaliteit ter hoogte van Oostpolderweg 6-8 (dubbele bomenrij langs oprijlaan) en aantasting van karakteristieke waterlopen.	0/-	Effect op groene kwaliteit ter hoogte van Oostpolderweg 6-8 (dubbele bomenrij langs oprijlaan) en aantasting van karakteristieke waterlopen.
	Cultuurhistorie	Aantasting van cultuurhistorische waarden	-	Aantasting directe omgeving (bomenrijen) en/of karakteristieke panden Oostpolderweg 6-8/Damsterweg 41 en aantasting van karakteristieke waterlopen, dijk- en wegenpatronen waarbij het historisch profiel mogelijk wordt aangetast.	-	Aantasting directe omgeving (bomenrijen) karakteristieke panden Oostpolderweg 6-8 en aantasting van karakteristieke waterlopen dijk- en wegenpatronen waarbij het historisch profiel mogelijk wordt aangetast.	-	Aantasting directe omgeving (bomenrijen) en/of karakteristieke panden Oostpolderweg 6-8/Damsterweg 41 en aantasting van karakteristieke waterlopen dijk- en wegenpatronen waarbij het historisch profiel mogelijk wordt aangetast.
		Archeologie	Raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden	--	Noodzaak tot vervolgonderzoek (verkennd/karterend booronderzoek (en evt. verdergaand)) en noodzaak tot vervolgonderzoek in op enkele tracédelen (afwijkend ten opzichte van de vooronderzoeken die zijn uitgevoerd). Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten.	--	Noodzaak tot vervolgonderzoek (verkennd/karterend booronderzoek (en evt. verdergaand)) en noodzaak tot vervolgonderzoek op enkele tracédelen (afwijkend ten opzichte van de vooronderzoeken die zijn uitgevoerd). Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten.	--
			Aantasting van archeologisch waardevolle (bekende) terreinen	--	Doorsnijding van meerdere (buffers rond) AMK-terreinen en noodzaak tot vervolgonderzoek op enkele tracédelen (afwijkend ten opzichte van de	--	Doorsnijding van meerdere (buffers rond) AMK-terreinen en noodzaak tot vervolgonderzoek op enkele tracédelen (afwijkend ten opzichte van de	--

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé		Waterleiding tracé		N33 tracé	
			score	toelichting	score	toelichting	score	toelichting
				vooronderzoeken die zijn uitgevoerd). Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten.		vooronderzoeken die zijn uitgevoerd). Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten.		vooronderzoeken die zijn uitgevoerd). Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten.
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	Veiligheidscontouren	--	De PR 10-6 per jaar contour van het basis alternatief is groter dan 5 m gemeten vanuit het hart van deze leiding. De overschrijding wordt veroorzaakt door windturbines. Er ligt 1 beperkt kwetsbaar gebouw (een gebouw met een industriefunctie) binnen de binnen de PR 10-6 contour van deze leiding	--	De PR 10-6 per jaar contour van het waterleiding alternatief is groter dan 5 m gemeten vanuit het hart van deze leiding. De overschrijding wordt veroorzaakt door windturbines. Er ligt 1 beperkt kwetsbaar gebouw (een gebouw met een industriefunctie) binnen de binnen de PR 10-6 contour van deze leiding.	--	De PR 10-6 per jaar contour van het N33 alternatief is groter dan 5 m gemeten vanuit het hart van deze leiding. De overschrijding wordt veroorzaakt door windturbines. Er ligt 1 beperkt kwetsbaar gebouw (een gebouw met een industriefunctie) binnen de binnen de PR 10-6 contour van deze leiding
	Groepsrisico	Gebouwen/locaties binnen brandaandachtsgebied	-	Een deel van de gebouwen / locaties binnen het brandaandachts-gebied ligt bij elkaar in dorpen / steden. De bevolkingsdichtheid hier is gemiddeld.	0/-	Een deel van de gebouwen / locaties binnen het brandaandachts-gebied ligt bij elkaar in dorpen / steden. De bevolkingsdichtheid hier is klein.	--	Een deel van de gebouwen / locaties binnen het brandaandachts-gebied ligt bij elkaar in dorpen / steden. De bevolkingsdichtheid hier is groot.
	Impact op toekomstige ontwikkelingen	Nieuw brandaandachtsgebied	0/-	Het brandaandachtsgebied van de nieuwgebouwde leiding met waterstof ligt grotendeels binnen de brandaandachtsgebieden van de bestaande activiteiten.	-	Het brandaandachtsgebied van de nieuwgebouwde leiding met waterstof ligt deels binnen en deels buiten de brandaandachtsgebieden van de bestaande activiteiten.	--	Het brandaandachtsgebied van de nieuwgebouwde leiding met waterstof ligt grotendeels buiten de brandaandachtsgebieden van de bestaande activiteiten.
Geluid en trillingen	Geluidhinder	Geluid in de aanlegfase	0/-	Er is vanwege de aanlegwerkzaamheden een beperkt geluidseffect op de omliggende geluidsgevoelige objecten aanwezig. Er zijn circa 45 tot 56 woningen en/of andere geluidsgevoelige objecten aanwezig waarvoor een langtijdgemiddeld	0/-	Er is vanwege de aanlegwerkzaamheden een beperkt geluidseffect op de omliggende geluidsgevoelige objecten aanwezig. Er zijn circa 40 tot 46 woningen en/of andere geluidsgevoelige objecten aanwezig waarvoor een langtijdgemiddeld	-	Er is vanwege de aanlegwerkzaamheden een geluidseffect op de omliggende geluidsgevoelige objecten aanwezig. Er zijn circa 102 tot 139 woningen en/of andere geluidsgevoelige objecten aanwezig waarvoor een langtijdgemiddeld

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé		Waterleiding tracé		N33 tracé	
			score	toelichting	score	toelichting	score	toelichting
				beoordelingsniveau van >50 dB(A) wordt berekend		beoordelingsniveau van >50 dB(A) wordt berekend		beoordelingsniveau van >50 dB(A) wordt berekend
	Trillingshinder	Trillingen in de aanlegfase	0/-	Er is vanwege de aanlegwerkzaamheden mogelijk lichte trillinghinder naar de omgeving.	0/-	Er is vanwege de aanlegwerkzaamheden mogelijk lichte trillinghinder naar de omgeving.	-	Er is vanwege de aanlegwerkzaamheden mogelijk trillinghinder naar de omgeving.
	Wonen, werken, recreatie en overig	Raakvlak met functies	0/-	De leiding doorsnijdt niet de bestemming wonen, werken, en recreatie maar de afsluiterlocatie bij Eemshaven heeft ongeveer 2000 m2 ruimtebeslag op de functie bedrijf.	0/-	De leiding doorsnijdt niet de bestemming wonen, werken, en recreatie maar de afsluiterlocatie bij Eemshaven heeft ongeveer 2000 m2 ruimtebeslag op de functie bedrijf.	0/-	De leiding doorsnijdt minder dan 100 meter de bestemming wonen en de afsluiterlocatie bij Eemshaven heeft ongeveer 2000 m2 ruimtebeslag op de functie bedrijf.
		Beperking voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen	0	Geen beperkingen voor bekende ruimtelijke ontwikkelingen verwacht	0	Geen beperkingen voor bekende ruimtelijke ontwikkelingen verwacht	0	Geen beperkingen voor bekende ruimtelijke ontwikkelingen verwacht
Ruimtegebruik	Landbouw	Raakvlak met functies	--	Voor alle alternatieven ligt veruit het grootste deel van het tracé op landbouwgrond met een totale doorsnijding (agrarisch en agrarisch met waarden samen) van meer dan 20 km.	--	Voor alle alternatieven ligt veruit het grootste deel van het tracé op landbouwgrond met een totale doorsnijding (agrarisch en agrarisch met waarden samen) van meer dan 20 km.	--	Voor alle alternatieven ligt veruit het grootste deel van het tracé op landbouwgrond met een totale doorsnijding (agrarisch en agrarisch met waarden samen) van meer dan 20 km.
	Verkeer	Verkeershinder	0	Er worden enkel kleine toegangswegen middels open ontgraving gekruist. De verkeershinder is hier dusdanig klein.	0	Er worden enkel kleine toegangswegen middels open ontgraving gekruist. De verkeershinder is hier dusdanig klein.	0	Er worden enkel kleine toegangswegen middels open ontgraving gekruist. De verkeershinder is hier dusdanig klein.

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé		Waterleiding tracé		N33 tracé	
			score	toelichting	score	toelichting	score	toelichting
Duurzaamheid	Energie en CO ₂	Energiegebruik en CO ₂ uitstoot	--	Nieuwbouw bedraagt c.a. 23,5 km. Daardoor is er sprake van een grote hoeveelheid energiegebruik en toename van broeikasgasemissies als gevolg van de aanleg van het waterstofnetwerk	--	Nieuwbouw bedraagt c.a. 23,5 km. Daardoor is er sprake van een grote hoeveelheid energiegebruik en toename van broeikasgasemissies als gevolg van de aanleg van het waterstofnetwerk	--	Nieuwbouw bedraagt c.a. 27,7 km. Daardoor is er sprake van een grote hoeveelheid energiegebruik en sterke toename van broeikasgasemissies als gevolg van de aanleg van het waterstofnetwerk
	Circulariteit	Grondstofgebruik	--	Voor dit alternatief geldt dat minder dan 25 kilometer aan nieuwbouwleidingen wordt gerealiseerd. Hiermee is er sprake van een grote hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen	--	Voor dit alternatief geldt dat minder dan 25 kilometer aan nieuwbouwleidingen wordt gerealiseerd. Hiermee is er sprake van een grote hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen	--	Voor het N33 alternatief geldt dat hier meer dan 25 kilometer aan nieuwbouwleidingen wordt gerealiseerd. Hiermee is er sprake van een grote hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen.
Ontploffbare Oorlogsresten	Ontploffbare Oorlogsresten	Risico op aanwezigheid van ontploffbare oorlogsresten	+	Het onderzochte gebied is deels verdacht en deels onverdacht op de aanwezigheid van ontploffbare oorlogsresten. Het grootste gedeelte is onverdacht. Dit betekent dat binnen het afgebakende verdachte gebied sprake is van een verhoogd risico op het aantreffen van explosieven in de bodem. De effectbeoordeling is daarmee positief.	+	Het onderzochte gebied is deels verdacht en deels onverdacht op de aanwezigheid van ontploffbare oorlogsresten. Het grootste gedeelte is onverdacht. Dit betekent dat binnen het afgebakende verdachte gebied sprake is van een verhoogd risico op het aantreffen van explosieven in de bodem. De effectbeoordeling is daarmee positief.	+	Het onderzochte gebied is deels verdacht en deels onverdacht op de aanwezigheid van ontploffbare oorlogsresten. Het grootste gedeelte is onverdacht. Dit betekent dat binnen het afgebakende verdachte gebied sprake is van een verhoogd risico op het aantreffen van explosieven in de bodem. De effectbeoordeling is daarmee positief.

Deelgebied Tjuchem – Delfzijl

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
Bodem	Bodemkwaliteit	Beïnvloeding bodemkwaliteit	0	Nabij de NAM-locatie Tjuchem-Zuid en nabij het industriegebied Chemie Park Delfzijl zijn diverse aandachtslocaties waar de (water)bodemkwaliteit onvoldoende inzichtelijk is. Op deze locaties zal aanleg van het tracé de bodemkwaliteit kunnen beïnvloeden, tenzij er maatregelen worden genomen.
	Zettingen	Beïnvloeding gebouwen door bemaling	0	Er bevinden zich 0 panden van voor 1970 binnen het 0.05m-invoedsgebied van de bemalingen bij de GLG.
		Beïnvloeding stabiliteit van waterkeringen	-	Er bevinden zich 2 waterkeringen binnen de invloedsgebieden van de bemalingen. Dat geeft een risico op zettingsschade.
Water	Grondwater	Beïnvloeding grondwaterkwantiteit en	-	Door de bemalingen kunnen effecten op het grondwater optreden. Er worden zonder mitigerende maatregelen negatieve effecten verwacht op de grondwaterkwaliteit. Er worden verder geen negatieve effecten verwacht op het grondwater door de aanleg van afsluiterlocaties.
	Oppervlaktewater	Beïnvloeding oppervlaktewaterkwantiteit en -kwaliteit	0/-	Er zijn nog geen overleggen geweest met Waterschap Hunze en Aa's over de mogelijkheden tot het lozen van bemalingswater op het oppervlaktewater. Hierdoor is niet uit te sluiten dat het bemalingswater een (licht) negatief effect heeft op de bergings- en/of hydraulische capaciteit van het oppervlaktewatersysteem, vooral binnen dit deelgebied waar het waterbezwaar door bemaling groot is. Verder is de grondwaterkwaliteit nog niet gemeten. Hierdoor is niet uit te sluiten dat de grondwaterkwaliteit niet voldoet aan de waterkwaliteitseisen voor het lozen op oppervlaktewater.

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
Natuur		Natura 2000	--	Kortste afstand tot N2000 is <5 km
	Beschermd gebied	NNN-gebieden	0	Geen effect
		Vogel leef- en foerageergebieden	0	Buiten leef- en foerageergebied van vogels
	Landschap	Doorkruisen of aantasten natuurlijke landschapselementen	0/-	<5 landschapselementen worden doorkruist met open ontgraving
	Beschermd soorten	Hoeveelheid beschermde soorten	--	>3 beschermde soorten
		Lengte open ontgraving door leefgebied	-	Lengte open ontgraving is 5-20 km
	Landschap, Cultuurhistorie, Archeologie	Landschap	Aantasting van natuurlijk landschappelijke en aardkundige waarden	0
Beïnvloeding van groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen			0	Geen effecten: geen groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen aanwezig op locaties waar ingrepen plaatsvinden en/of ontziening door aanlegmethode
Cultuurhistorie		Aantasting van cultuurhistorische waarden	0/-	Het voormalig dubbelbaanwachtershuis aan de Ideweersterweg in Meedhuizen ligt binnen de te beoordelen zone. Deze is meegewogen in de beoordeling. Deelgebied Tjuchem – Delfzijl is voor de aantasting van cultuurhistorische structuren en elementen als licht negatief beoordeeld.

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
	Archeologie	Raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden	--	Noodzaak tot vervolgonderzoek (verkenkend/karterend booronderzoek (en evt. verdergaand)). Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten.
		Aantasting van archeologisch waardevolle (bekende) terreinen	0	Geen effecten: geen archeologisch waardevolle (bekende) terreinen aanwezig op locaties waar ingrepen plaatsvinden en/of ontziening door aanlegmethode
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	Veiligheidscontouren	--	De PR 10-6 per jaar contouren van de nieuwgebouwde leiding met waterstof in het deelgebied Tjuchem – Delfzijl zijn groter dan 5 m gemeten vanuit het hart van deze leiding. De overschrijding wordt veroorzaakt door windturbines. Er ligt 1 beperkt kwetsbaar gebouw (een gebouw met een industriefunctie) binnen de binnen de PR 10-6 contouren van deze leiding.
	Groepsrisico	Gebouwen/locaties binnen brandaandachtsgebied	0/-	Binnen het brandaandachtsgebied van de nieuwgebouwde leiding met waterstof in het deelgebied Tjuchem – Delfzijl liggen 11 beperkt kwetsbare gebouwen.
		Nieuw brandaandachtsgebied	-	Het brandaandachtsgebied van de nieuwgebouwde leiding met waterstof ligt deels binnen en deels buiten de brandaandachtsgebieden van de bestaande activiteiten.
Geluid en trillingen	Geluidhinder	Geluid in de aanlegfase	0/-	Er is vanwege de aanlegwerkzaamheden een beperkt geluidseffect op de omliggende geluidsgevoelige objecten aanwezig. Er zijn circa 5 tot 8 woningen en/of andere geluidgevoelige objecten aanwezig waarvoor een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van >50 dB(A) wordt berekend.
	Trillingshinder	Trillingen in de aanlegfase	0/-	Er is vanwege de aanlegwerkzaamheden mogelijk lichte trillinghinder naar de omgeving.
Ruimtegebruik	Wonen, werken, recreatie en overig	Raakvlak met functies	0	Het tracé doorsnijdt voor 165 meter de bestemming 'bedrijf'. Dit betreft het terrein van de bestaande afsluiterlocatie bij Tjuchem en daarom wordt het als neutraal beoordeeld.

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
		Beperking voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen	0	Geen beperkingen voor bekende ruimtelijke ontwikkelingen verwacht
	Landbouw	Raakvlak met functies	-	Ruim de helft van het tracé in dit deelgebied ligt op agrarisch terrein. De totale doorsnijding is 6,9 km.
	Verkeer	Verkeershinder	0	Op dit tracé wordt één toegangsweg tot een landbouwperceel gekruist in open ontgraving. Dit effect is dusdanig klein.
Duurzaamheid	Energie en CO ₂	Energiegebruik en CO ₂ uitstoot	-	Nieuwbouw bedraagt c.a. 10,3 km. Daardoor is er sprake van een matige hoeveelheid energiegebruik en geringe toename van broeikasgasemissies als gevolg van de aanleg van het waterstofnetwerk
	Circulariteit	Grondstofgebruik	-	Vanwege de 10,3 km lengte aan nieuwbouw is er sprake van een matige hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen
Ontplobbare Oorlogsresten	Ontplobbare Oorlogsresten	Risico op aanwezigheid van ontplobbare oorlogsresten	+	Het onderzochte gebied is deels verdacht en deels onverdacht op de aanwezigheid van ontplobbare oorlogsresten. Het grootste gedeelte is onverdacht. Dit betekent dat binnen het afgebakende verdachte gebied sprake is van een verhoogd risico op het aantreffen van explosieven in de bodem. De effectbeoordeling is daarmee positief.

Deelgebied Tjuchem – Nieuwediep

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
Bodem	Bodemkwaliteit	Beïnvloeding bodemkwaliteit	0	De aanleg van het waterstofnetwerk heeft geen tot een lichte invloed op de bodemkwaliteit ter plaatse van de afsluiterschema's. Gezien het waterstofnetwerk in dit deelgebied gebruik maakt van bestaande leidingen heeft de aanleg van het tracé geen invloed op de bodemkwaliteit.
	Zettingen	Beïnvloeding gebouwen door bemaling	0/-	Er bevinden zich binnen het 0.05m-invoedsgebieden van de bemalingen 5 panden van voor 1970. Dat geeft een risico op zettingsschade.
		Beïnvloeding stabiliteit van waterkeringen	-	Er bevindt zich 1 waterkering en 1 Rijksweg binnen de invoedsgebieden van de bemalingen. Dat geeft een risico op zettingsschade.
Water	Grondwater	Beïnvloeding grondwaterkwantiteit en	0/-	Doordat er bestaande leidingen gebruikt zullen worden, hoeft er niet bemalen te worden. Er moet voor de afsluiterlocaties wel bemalen worden. Hier worden op 2 locaties negatieve effecten verwacht. Omdat de negatieve effecten maar op 2 locaties plaatsvinden wordt de effectbeoordeling grondwater licht negatief beoordeeld.
	Oppervlaktewater	Beïnvloeding oppervlaktewaterkwantiteit en -kwaliteit	0	Voor deelgebied Tjuchem – Nieuwediep zullen bestaande leidingen gebruikt zullen worden en zal er daarom niet bemalen hoeven te worden. Verder zullen de afsluiterlocaties geen effect hebben op het oppervlaktewater.
Natuur	Beschermd gebieden	Natura 2000	-	Kortste afstand tot N2000 is 5-15 km
		NNN-gebieden	0	Geen effect

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
		Vogel leef- en foerageergebieden	0/-	<2 afsluiterlocaties binnen leef- of foerageergebied
	Landschap	Doorkruisen of aantasten natuurlijke landschapselementen	0/-	Eén landschapselement in de buurt van afsluiterlocaties
	Beschermde soorten	Hoeveelheid beschermde soorten	--	>3 beschermde soorten bij meerdere afsluiterlocaties
		Lengte open ontgraving door leefgebied	0	Geen open ontgraving
Landschap, Cultuurhistorie, Archeologie	Landschap	Aantasting van natuurlijk landschappelijke en aardkundige waarden	0	Geen effecten: geen natuurlijk landschappelijke en aardkundige waarden aanwezig op locaties waar ingrepen plaatsvinden en/of ontziening door aanlegmethode
		Beïnvloeding van groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen	0	Geen effecten: geen groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen aanwezig op locaties waar ingrepen plaatsvinden en/of ontziening door aanlegmethode
	Cultuurhistorie	Aantasting van cultuurhistorische waarden	0	Geen effecten: geen cultuurhistorische waarden aanwezig op locaties waar ingrepen plaatsvinden en/of ontziening door aanlegmethode
	Archeologie	Raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden	0	Geen effecten: geen archeologische verwachting en/of reeds verstoorde gronden op locaties waar ingrepen plaatsvinden
		Aantasting van archeologisch waardevolle (bekende) terreinen	0	Geen effecten: geen archeologisch waardevolle (bekende) terreinen aanwezig op locaties waar ingrepen plaatsvinden en/of ontziening door aanlegmethode

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	Veiligheidscontouren	0	De hergebruikte leiding met waterstof in het deelgebied Tjuchem – Nieuwediep heeft geen PR 10-6 per jaar contour(en).
		Gebouwen/locaties binnen brandaandachtsgebied	0	Door het hergebruiken van een bestaande aardgasleiding blijft het aantal gebouwen / locaties binnen het brandaandachtsgebied van deze leiding gelijk.
	Groepsrisico	Nieuw brandaandachtsgebied	0	Door het hergebruiken van een bestaande aardgasleiding blijft het brandaandachtsgebied van deze leiding gelijk.
Geluid en trillingen	Geluidhinder	Geluid in de aanlegfase	0/-	Er is vanwege de aanlegwerkzaamheden een beperkt geluidseffect op de omliggende geluidsgevoelige objecten aanwezig. Er zijn circa 4 woningen en/of andere geluidgevoelige objecten aanwezig waarvoor een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van >50 dB(A) wordt berekend.
	Trillingshinder	Trillingen in de aanlegfase	0	Er is geen sprake van trillinghinder naar de omgeving vanwege de aanlegwerkzaamheden.
Ruimtegebruik	Wonen, werken, recreatie en overig	Raakvlak met functies	0	In dit deelgebied worden enkel leidingen hergebruikt en de nieuw te bouwen afsluiterlocaties hebben ook geen ruimtebeslag op de functies wonen, werken en recreatie.
		Beperking voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen	0	In dit deelgebied wordt enkel leiding hergebruikt, waardoor het effect neutraal is. Ook nabij de nieuwe afsluiterlocaties zijn geen ruimtelijke ontwikkelingen voorzien.
	Landbouw	Raakvlak met functies	0/-	De aan te leggen afsluiterlocatie Ommelanderswijk heeft mogelijk ongeveer 600 m2 ruimtebeslag op landbouwgrond.
	Verkeer	Verkeershinder	0	In het Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl worden enkel bestaande leidingen hergebruikt. Daarom is het effect neutraal.

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
Duurzaamheid	Energie en CO ₂	Energiegebruik en CO ₂ uitstoot	0/-	Vanwege het hergebruik is er sprake van een kleine hoeveelheid energiegebruik en geringe toename van broeikasgasemissies als gevolg van de aanleg van het waterstofnetwerk
	Circulariteit	Grondstofgebruik	++	Vanwege het hergebruik is er geen sprake van (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen en wordt zeer goed aangesloten bij het circulaire ontwerpprincipe van hergebruik
Ontpofbare Oorlogsresten	Ontpofbare Oorlogsresten	Risico op aanwezigheid van ontpofbare oorlogsresten	0 - ++	Over dit gebied kunnen geen uitspraken worden gedaan, er zijn geen resultaten bekend.

Deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
Bodem	Bodemkwaliteit	Beïnvloeding bodemkwaliteit	0/+	De aanleg van het waterstofnetwerk heeft een geen tot een licht (positieve) invloed op de bodemkwaliteit ter plaatse van de afsluiterlocaties omdat bij de aanleg van afsluiterlocatie Scheemda mogelijk bodemverontreinigingen worden gesaneerd. Het tracé heeft geen invloed op de bodemkwaliteit.
		Beïnvloeding gebouwen door bemaling	0	Dit deelgebied betreft hergebruik. Daardoor zal niet bemalen worden. Er liggen ook geen risicovolle gebouwen binnen de invloedsgebieden van de afsluiterlocaties.
	Zettingen	Beïnvloeding stabiliteit van waterkeringen	-	De leiding binnen het deelgebied wordt hergebruikt. Daardoor zal niet bemalen worden. Er liggen 2 keringen binnen de invloedsgebieden van de bemalingen van de afsluiterlocaties. Hier is risico op zettingsschade zonder mitigerende maatregelen.

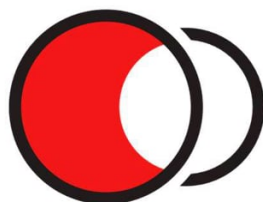
Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
Water	Grondwater	Beïnvloeding grondwaterkwantiteit en	0/-	Langs het overgrote deel van deelgebied Scheemda-Oude Statenzijl worden bestaande leidingen gebruikt. Hier hoeft niet bemalen te worden. Er worden wel negatieve effecten op grondwater verwacht door de aanleg en ontkoppeling van de afsluiterlocaties. Ook voor de verbindingsleiding zal bemaling nodig zijn. Hier worden op enkele locaties negatieve effecten op de grondwaterkwantiteit verwacht. Omdat er maar op beperkte locaties negatieve effecten worden verwacht, wordt het gehele deelgebied licht negatief beoordeeld voor grondwater.
	Oppervlaktewater	Beïnvloeding oppervlaktewaterkwantiteit en -kwaliteit	0/-	Voor deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl zullen grotendeels bestaande leidingen gebruikt worden. Hier zal niet bemalen hoeven te worden. Voor de afsluiterlocatie wordt ook geen effect verwacht op het oppervlaktewater. Voor de verbindingsleiding worden licht negatieve effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit verwacht als het bemalingswater zonder zuivering wordt geloosd op het oppervlaktewater.
Natuur		Natura 2000	--	Kortste afstand tot N2000 is <5 km
	Beschermde gebieden	NNN-gebieden	0	Geen effect
		Vogel leef- en foerageergebieden	-	>3 afsluiterlocaties binnen leef- of foerageergebied
	Landschap	Doorkruisen of aantasten natuurlijke landschapselementen	0/-	Eén landschapselement in de buurt van een afsluiterlocatie

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
	Beschermden soorten	Hoeveelheid beschermde soorten	--	>3 beschermde soorten bij open ontgraving en meerdere afsluiterlocaties
		Lengte open ontgraving door leefgebied	0/-	Lengte open ontgraving is <5 km
Landschap, Cultuurhistorie, Archeologie	Landschap	Aantasting van natuurlijk landschappelijke en aardkundige waarden	0	Geen effecten: geen natuurlijk landschappelijke en aardkundige waarden aanwezig op locaties waar ingrepen plaatsvinden en/of ontziening door aanlegmethode
		Beïnvloeding van groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen	0	Geen effecten: geen groene kwaliteiten, gebiedskenmerken, patronen en elementen aanwezig op locaties waar ingrepen plaatsvinden en/of ontziening door aanlegmethode
	Archeologie	Aantasting van cultuurhistorische waarden	0	Geen effecten: geen cultuurhistorische waarden aanwezig op locaties waar ingrepen plaatsvinden en/of ontziening door aanlegmethode
		Raakvlakken met archeologische verwachtingswaarden	0/-	Vervolgonderzoek nodig bij afsluiterlocatie, beperkte doorsnijding middelhoge waarde (tov hele tracé). Aanvullend bodemkundig onderzoek is gewenst om de effecten van verdroging in beeld te brengen in verband met de conservatie van organische resten.
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	Aantasting van archeologisch waardevolle (bekende) terreinen	0	Geen effecten: geen archeologisch waardevolle (bekende) terreinen aanwezig op locaties waar ingrepen plaatsvinden en/of ontziening door aanlegmethode
		Veiligheidscontouren	0	De nieuwgebouwde leiding met waterstof in het deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl heeft geen PR 10-6 per jaar contour(en). De hergebruikte leiding met waterstof in het deelgebied Scheemda – Oude Statenzijl heeft geen PR 10-6 per jaar contour(en).

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
	Groepsrisico	Gebouwen/locaties binnen brandaandachtsgebied	0/+	Door het hergebruiken van een bestaande aardgasleiding neemt het aantal gebouwen / locaties binnen het brandaandachtsgebied van deze leiding licht af
		Nieuw brandaandachtsgebied	0/+	Door het hergebruiken van een bestaande aardgasleiding wordt het brandaandachtsgebied van deze leiding iets kleiner.
Geluid en trillingen	Geluidhinder	Geluid in de aanlegfase	0	Er is geen geluidseffect op de omliggende geluidsgevoelige objecten vanwege de aanlegwerkzaamheden aanwezig. Er is geen enkele woning aanwezig waarvoor een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van >50 dB(A) wordt berekend.
	Trillingshinder	Trillingen in de aanlegfase	0	Er is geen sprake van trillinghinder naar de omgeving vanwege de aanlegwerkzaamheden.
Ruimtegebruik	Wonen, werken, recreatie en overig	Raakvlak met functies	0	Het nieuwe tracé en de nieuw te bouwen afsluiterlocatie doorsnijden nauwelijks de bestaande functies wonen, bedrijf, bedrijventerrein en recreatie.
		Beperking voor toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen	0	Nabij het deel van de leiding dat nieuw wordt gebouwd, zijn geen toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen voorzien.
	Landbouw	Raakvlak met functies	0/-	180 m van de nieuwbouw ligt in landbouwgrond.
	Verkeer	Verkeershinder	0	In dit deelgebied is er slechts 270 m nieuwbouw, waarbij er geen kruisingen zijn met de bestemming verkeer, waardoor het effect neutraal is.
Duurzaamheid	Energie en CO ₂	Energiegebruik en CO ₂ uitstoot	0/-	Vanwege de beperkte lengte aan nieuwbouw van circa 300 meter is er sprake van een kleine hoeveelheid energiegebruik en geringe toename van broeikasgasemissies als gevolg van de aanleg van het waterstofnetwerk.

Thema	Aspect	Criterium	Basis tracé	
			score	toelichting
	Circulariteit	Grondstofgebruik	+	Omdat het om zo'n kleine afstand nieuwbouw gaat ten opzichte van het totale tracé is er sprake van een zeer kleine hoeveelheid (nieuw) materiaalgebruik en afval van reststoffen. Voor dit tracé wordt goed aangesloten bij de circulaire ontwerpprincipes
Ontpofbare Oorlogsresten	Ontpofbare Oorlogsresten	Risico op aanwezigheid van ontpofbare oorlogsresten	0 - ++	Over dit gebied kunnen geen uitspraken worden gedaan, er zijn geen resultaten bekend.

Bijlage B Analyse agrarische waarden



Rotterdam
Engineering

Rapportage
Waterstofnetwerk Groningen
Analyse Agrarische Waarden

Opdrachtgever: Hynetwork Services
Project: RE23048 – Analyse agrarische waarden
Kenmerk: RE23048-R02
Revisie: B

Auteur(s): G. Stoel

Datum: 28 maart 2024

Revisie	Datum	Beschrijving	Opsteller	Gecontroleerd
A	22-03-2024	Ter acceptatie opdrachtgever	G. Stoel	J. Sluis
B	28-03-2024	Voor externe review	G. Stoel	J. Sluis

Samenvatting

Hynetwork Services (HNS), een 100% dochteronderneming van Gasunie, is van plan een transportnet voor waterstofgas te ontwikkelen. Hierbij is het uitgangspunt is om zoveel mogelijk gebruik te maken van bestaande Gasunie-leidingen die nu in gebruik zijn voor aardgastransport. Voor het leidingtracé van Waterstofnetwerk Groningen (WN Groningen) tussen de Eemshaven, Tjuchem en Delfzijl is dit niet mogelijk en wordt een nieuw leidingtracé gerealiseerd.

Het doel van deze rapportage is beoordeling van de tracés op agrarische waarden door middel van openbaar beschikbare informatie en expert judgement. Dit maakt onderdeel uit van de bredere beoordeling en weging van de analysesresultaten door Gasunie.

Voor het realiseren van Waterstofnetwerk Groningen wordt een projectprocedure doorlopen. Onderdeel van de projectprocedure is het opstellen van een milieueffectrapportage (MER) en een Integrale Effecten Analyse (IEA) voor de tracés weergegeven in Figuur 1. In Tabel 1 zijn de tracés beschreven. De beoordeling op agrarische waarden is een onderdeel van de IEA.



Figuur 1 – WN Groningen Alternatieven

Tabel 1 – Deelgebieden en alternatieven

Eemshaven-Tjuchem

Basisalternatief: Volgt de indicatieve Structuurvisie Buisleidingen (SVB) strook vanaf de Eemshaven tot aan Tjuchem.

Waterleidingalternatief: Volgt het tracé van de North Water waterleiding tussen Appingedam en de Eemshaven. Vanaf Appingedam wordt de SVB-strook gevolgd tot aan Tjuchem.

N33-alternatief: Volgt de N33 vanaf Spijk tot ten noorden van Appingedam. Hierna ligt de leiding parallel aan de spoorverbinding Groningen-Delfzijl tot aan de SVB-strook. Vanaf Appingedam wordt de SVB-strook gevolgd tot aan Tjuchem.

Tjuchem-Delfzijl

In het deelgebied is één tracé beoordeeld. Deze volgt daar waar mogelijk bestaande transportleidingen.

Het beoordelingskader bestaat uit de aspecten en criteria zoals samengevat in Tabel 2. Deze zijn waar mogelijk kwantitatief beoordeeld. Voor de beoordeling van de alternatieven in het deelgebied Eemshaven-Tjuchem dient het Basisalternatief als referentietracé. Het tracé van

Tjuchem naar Delfzijl is een separaat deelgebied. Voor dit tracé zijn geen alternatieven beschikbaar.

Tabel 2 – Beoordelingsaspecten

Aspect	Criterium	Wijze van beoordelen
Tracé ligging	Tracélengte door landbouwpercelen	Meting van tracélengte door agrarische percelen op basis van openbaar beschikbare data
	Tracélengte door akkerbouwpercelen	Meting van tracélengte door akkerbouw percelen op basis van openbaar beschikbare data
	Aantal percee-eigenaren	Telling van eigenaren op basis van kadastrale gegevens
	Tracélengte in huiskavels	Meting van tracélengte door huiskavels op basis van kadastrale gegevens
Bodemopbouw	Bodemopbouw i.r.t. herstel	Bureaustudie op basis van openbaar beschikbare data en expert judgement
Bodemgebonden ziekten en plagen	Bodemgebonden ziekten en plagen	Bureaustudie op basis van openbaar beschikbare data
Opwarming bodem	Opwarming bodem	Bureaustudie op basis van openbaar beschikbare data, modellering en expert judgement
Verzilting	Verzilting van de bodem	Bureaustudie op basis van openbaar beschikbare data, modellering en expert judgement

Voor het deelgebied Eemshaven-Tjuchem is de beoordeling samengevat in Tabel 3. Het Basisalternatief dient als referentietracé en krijgt daarom voor alle criteria een neutrale score.

Tabel 3 – Overzicht van resultaten per alternatief

Aspect	Criteria	Basis	Waterleiding	N33
Tracé ligging	Tracélengte door landbouwpercelen	0	0	-
	Tracélengte door akkerbouwpercelen	0	0	+
	Aantal percee-eigenaren	0	0	0
	Tracélengte in huiskavels	0	0/+	0/-
Bodemopbouw	Bodemopbouw i.r.t. herstel	0	0	0/-
Bodemgebonden ziekten en plagen	Bodemgebonden ziekten en plagen	0	0/+	++
Opwarming bodem	Opwarming bodem	0	0	+
Verzilting	Verzilting van de bodem	0	0	0

Bovenstaande analyse van de agrarische waarden vormt hiermee input voor de bredere beoordeling en afweging door Gasunie van tracés door de deelgebieden Eemshaven-Tjuchem en Tjuchem-Delfzijl.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1. Inleiding	6
1.1. Doelstelling	6
1.2. Leeswijzer	6
1.3. Begrippenlijst	7
2. Projectbeschrijving	8
2.1. Tracés	8
2.2. Projectomgeving	9
2.3. Impact op agrarische waarden	10
3. Beoordelingsmethodiek	12
3.1. Beoordelingskader	12
3.2. Toelichting beoordelingsmethodiek	16
4. Effectbeoordeling	18
4.1. Tracéligging	18
4.2. Bodemopbouw	24
4.3. Bodemgebonden ziekten en plagen (fyto-sanitair)	29
4.4. Opwarming bodem	32
4.5. Verzilting	36
5. Resultaten analyse agrarische waarden	40
5.1. Deelgebied Eemshaven-Tjuchem	40
5.2. Deelgebied Tjuchem-Delfzijl	42
Referenties	44

Bijlagen

Bijlage 1 Gewaswaarderingstabel

Bijlage 2 Methodiek Kadaster

Bijlage 3 Overzichtskaarten

Bijlage 4 Expert judgement indeling bodemeenheden

Bijlage 5 Rapport warmteafdracht Waterstofleiding

Bijlage 6 Invloed waterstofleiding op gewasopbrengst

Bijlage 7 Rapportage verziltingsonderzoek Eemshaven-Delfzijl

Bijlage 8 Notitie Kwalitatief oordeel verschil opkomstdata en oogstdata

1. Inleiding

Hynetwork Services (HNS), een 100% dochteronderneming van Gasunie, is van plan een transportnet voor waterstofgas te ontwikkelen. Hierbij is het uitgangspunt is om zoveel mogelijk gebruik te maken van bestaande Gasunie-leidingen die nu in gebruik zijn voor aardgastransport. Waar dit niet mogelijk is worden nieuwe leidingen aangelegd.

Het Waterstofnetwerk Groningen (WN Groningen) is een deelproject van het landelijke waterstoftransportnet. Onderdeel van de plannen voor WN Groningen is de aanleg van een nieuw leidingtracé tussen de Eemshaven, Tjuchem en Delfzijl. Daarnaast worden bestaande aardgasleidingen hergebruikt voor het transport van waterstof tussen Tjuchem en Nieuwediep en tussen Scheemda en Oude Statenzijl.

Voor het realiseren van Waterstofnetwerk Groningen wordt een projectprocedure doorlopen. Deze procedure wordt gecoördineerd door de ministeries van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK). Onderdeel van de projectprocedure is het opstellen van een Milieu Effect Rapportage (MER) en een Integrale Effecten Analyse (IEA).

In de IEA voor WN Groningen worden drie alternatieven beoordeeld tussen Eemshaven en Tjuchem en één tracé tussen Tjuchem en Delfzijl. De beoordeling vindt plaats op de milieueffecten, omgevingsaspecten, technische aspecten, toekomstvastheid en investeringskosten. Het agrarische waarden onderzoek maakt deel uit van het aspect omgeving binnen de IEA.

1.1. Doelstelling

Het doel van deze rapportage is beoordeling van de nieuwe leidingtracés op agrarische waarden door middel van openbaar beschikbare informatie en expert judgement. Dit maakt onderdeel uit van de bredere beoordeling en weging van de analyseresultaten door Gasunie.

1.2. Leeswijzer

- Hoofdstuk 1 bevat de inleiding tot het project en doelstelling van het document;
- Hoofdstuk 2 beschrijft de projectomgeving en relatie tot agrarische waarden;
- Hoofdstuk 3 bevat de beoordelingsmethodiek voor het onderzoek;
- Hoofdstuk 4 is de beschrijving van de impact van leidingaanleg op agrarische waarden, specifieke aanpak per onderzocht criterium en de bijbehorende resultaten;
- Hoofdstuk 5 is de samenvatting van de resultaten van het onderzoek.

1.3. Begrippenlijst

In het rapport zijn diverse termen en begrippen gebruikt met een specifieke definitie binnen dit rapport. Ten behoeve van de leesbaarheid zijn deze begrippen samengebracht in de begrippenlijst van Tabel 4.

Tabel 4 - Begrippenlijst

Begrip	Definitie
Akkerbouw	Gebruik van de bodem voor teelt van gewassen voor menselijk of dierlijk gebruik.
Expert Judgement	Een kwalitatieve beoordeling of modellering van optredende effecten door een terzake deskundig persoon of organisatie.
Gewaswaardering	Indeling van gewassen op basis van gewasschadetarieven.
Huiskavel	Huiskavels zijn aaneengesloten agrarische percelen van één gebruiker met daarop de hoofdbedrijfsgebouwen omgeven door percelen van andere grondgebruikers, wegen, waterlopen of spoorbanen.
Landbouw	Gebruik van de bodem voor teelt van gewassen of houden van dieren voor de voedselproductie.
Onderscheidende factoren	Aspect van de omgeving dat van bepalende invloed is op de mate waarin de aanleg van leidingen impact heeft op de agrarische bedrijfsvoering, meetbaar gemaakt door gebruik van openbaar beschikbare data of expert judgement.
Resultaat	De term 'resultaat' is gebruikt voor het uitdrukken van de uitkomsten van uitgevoerde analyses. Het resultaat dient ter vergelijking van impact met het referentietracé.
Score	De score is de uitdrukking van de beoordeling, op een zevenpuntschaal die van - - tot + + verloopt.
Wegingsfactor	Expert judgement is meetbaar gemaakt door deze om te zetten in wegingsfactoren.

2. Projectbeschrijving

2.1. Tracés

Tussen Eemshaven en Tjuchem zijn drie alternatieve tracés voorgesteld voor de nieuwe leiding. De alternatieven zijn weergegeven in Figuur 2. Voor het deelgebied Tjuchem-Delfzijl is slechts één tracé beschikbaar voor de nieuwe leiding. Hier is geen sprake van alternatieven.

De principes die zijn aangehouden bij het ontwikkelen van de alternatieven en het tracé Tjuchem-Delfzijl zijn beschreven in de *Notitie reikwijdte en detailniveau (NRD)*. Deze zijn gedefinieerd als:

1. Zoveel mogelijk gebruik maken van de bestaande aardgastransportleidingen;
2. In geval van een nieuwe leiding zo veel mogelijk aansluiting zoeken bij aanwezige Structuurvisie Buisleidingen (SVB) stroken;
3. In geval van een nieuwe leiding zo veel mogelijk bundelen met bestaande infrastructuur, zoals aanwezige hogedruk aardgasleidingen van Gasunie, hoofdwaterleidingen en (provinciale) wegen.

Het Basisalternatief bundelt met de indicatieve SVB-strook, waarin in de huidige situatie al twee aardgasleidingen van Gasunie aanwezig zijn. Het Waterleiding- en N33-alternatief bundelen met andere bestaande infrastructuur. Het Waterleiding- en N33-alternatief volgen het tracé van het Basisalternatief daar waar bundeling met bestaande infrastructuur niet mogelijk is.

De kenmerken van de alternatieven van het deelgebied Eemshaven-Tjuchem en het tracé van Tjuchem-Delfzijl zijn samengevat in Tabel 5. Voor het deelgebied Eemshaven-Tjuchem is DN1050 de nominale leidingdiameter. De nominale leidingdiameter voor Tjuchem-Delfzijl is DN400. In het huidige projectstadium is voor de aanlegmethode onderscheid gemaakt tussen aanleg in open ontgraving en aanleg door middel van horizontaal gestuurde boringen. De voorgenomen aanlegmethodes zijn weergegeven in Figuur 3.

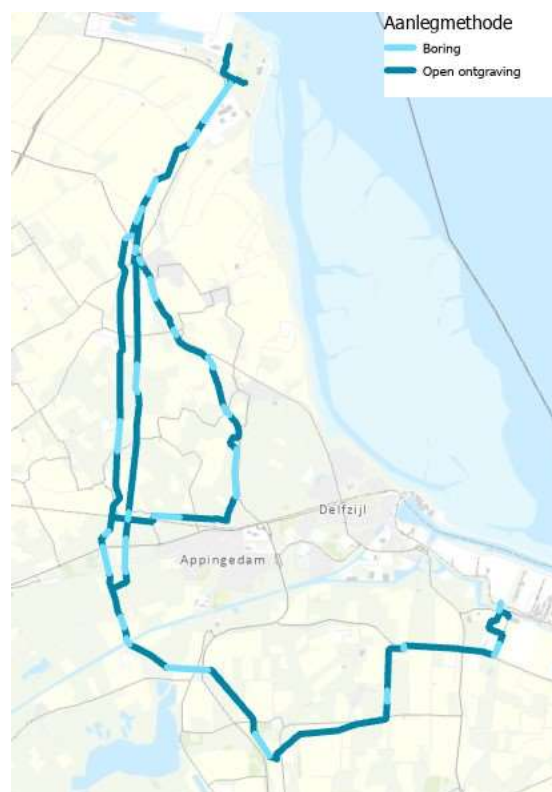
Tabel 5 – WN Groningen tracés

Deelgebied	Alternatief	Totale tracé lengte	Lengte boring	Bundeling met:
Eemshaven-Tjuchem	Basis	23.4 km	6,0 km	SVB-strook
	Waterleiding	23.2 km	5,9 km	North Water leiding / SVB-strook
	N33	27.7 km	8,6 km	N33 / ProRail spoorlijn / SVB-strook
Tjuchem-Delfzijl	n.v.t.	10.3 km	0,9 km	Bestaande transportleidingen

De deelgebieden van WN Groningen waar bestaande leidingen worden hergebruikt, zijn geen onderdeel van de analyse van agrarische waarden. Dit betreft de deelgebieden Scheemda-Oude Statenzijl en Tjuchem-Nieuwendiep.



Figuur 2 - WN Groningen deelgebieden en tracéalternatieven



Figuur 3 - Aanlegmethoden

2.2. Projectomgeving

Het projectgebied van WN Groningen heeft grotendeels een agrarisch bestemming. Een belangrijke factor in het agrarisch gebruik is de bodemopbouw. De bodemopbouw heeft invloed op de productiviteit van de bodem en voor bepaalde gewassen invloed op de geschiktheid voor teelt. De projectomgeving kan worden opgedeeld in drie landbouwkundige (sub)regio's op basis van bodemopbouw. Hiervoor is de indeling overgenomen uit de Landbouw Effect Rapportage (LER) Buizenzone (Fischer, 2011). Aan de hand van deze indeling is in hoofdstuk 4 voor meerdere criteria toelichting gegeven op de resultaten.

1. **Noord:** Dit is de omgeving van de oorspronkelijke monding van de voormalige rivier de Fivel. Dit gebied bestaat voornamelijk uit kalkrijke zavel en is daardoor zeer vruchtbaar. Hierdoor is het gebied voornamelijk in gebruik voor akkerbouw;
2. **Midden:** Achter de kwelderwallen van de Fivel gaat de bodem geleidelijk over naar klei en het bodemgebruik naar grasland. Het Eemskanaal is als zuidelijke grens aangehouden voor sub-regio Midden;
3. **Zuid:** Deze regio bestaat uit veelal uit klei- en veengronden waarbij het klei- en veendek in zuidelijke richting steeds dunner wordt. Akkerbouw is mogelijk maar de productiviteit ligt lager en de bewerking is moeizamer.

Figuur 4 geeft de geografische indeling van de (sub)regio's weer. Met name in de oorspronkelijke monding van de voormalige rivier de Fivel zijn landbouwgronden van zeer goede kwaliteit.



Figuur 4 – Landbouw (sub)regio-indeling

2.3. Impact op agrarische waarden

Het bredere kader voor beoordeling van de impact op agrarische waarden is tot stand gekomen op basis van eerdere vergelijkbare onderzoeken. Deze onderzoeken vormen daarmee de basis voor deze analyse van agrarische waarden en de beoordelingscriteria die daarin zijn toegepast. Ook de reactie van LTO op de concept-NRD van WN Groningen, is in de beoordelingscriteria verwerkt.

Enkele voorbeelden van vergelijkbare onderzoeken in de nabijheid van de projectomgeving zijn:

- LER Buizenzone (Fischer, 2011);
- LER N33 Midden (Rozema, 2020);
- LER Oostpolder (Mulder, 2023);
- Haalbaarheidsstudie leidingroutes Garmerwolde-Eemshaven (Rotterdam Engineering, 2018)
- Tracéstudie industriewatertransportleiding Garreweer-Farmsum (Rotterdam Engineering, 2020)

Tabel 6 beschrijft de criteria die zijn meegenomen in deze analyse van agrarische waarden en, op hoofdlijnen, hoe deze criteria tot stand zijn gekomen.

Tabel 6 - Oorsprong aspecten en criteria

Aspect	Criterium	Oorsprong
Tracé ligging	Tracélengte door landbouwpercelen	Reactie LTO / Eerdere onderzoeken
	Tracélengte door akkerbouwpercelen	Reactie LTO / Eerdere onderzoeken
	Aantal perceeleigenaren	Reactie LTO / Eerdere onderzoeken
	Tracélengte in huiskavels	Reactie LTO / Eerdere onderzoeken
Bodemopbouw	Bodemopbouw i.r.t. herstel	Reactie LTO / Eerdere onderzoeken
Bodemgebonden ziekten en plagen	Bodemgebonden ziekten en plagen	Reactie LTO / Eerdere onderzoeken
Opwarming bodem	Opwarming bodem	Reactie LTO
Verziltig	Verziltig van de bodem	Reactie LTO

In de LER-studies N33 Midden (Rozema, 2020) en Buizenzone (Fischer, 2011) zijn enquêtes gehouden onder agrarische grondgebruikers. Uit deze enquêtes zijn knelpunten naar voren gekomen die op voorhand als meest belemmerend worden gezien bij aanleg van ondergrondse infrastructuur. Dit zijn:

- Bereikbaarheid van bedrijf, kavels en obstructie van weidegang tijdens de aanlegfase;
- Administratieve gevolgen;
- Effecten op bodemstructuur;
- Insleep van gewasziektes;
- Doorsnijding van drainage en andere effecten op de waterhuishouding.

Bovenstaande knelpunten zijn verwerkt in de beoordelingscriteria van Tabel 6. De bereikbaarheid en administratieve gevolgen zijn onderdeel van de beoordeling op het aspect Tracélengte. De effecten op de bodemstructuur komen terug in Bodemopbouw. Het inslepen van gewasziektes zijn beoordeeld onder Bodemgebonden ziekten en plagen en de effecten op de waterhuishouding zijn onder verziltig beoordeeld. Over de doorsnijding van drainage is in dit stadium van het project onvoldoende informatie beschikbaar, waardoor dit niet kan worden meegenomen in de beoordeling.

3. Beoordelingsmethodiek

In dit hoofdstuk is de gebruikte beoordelingsmethodiek toegelicht, door uitwerking van het toegepaste beoordelingskader en de beoordelingsschaal. De impact op de agrarische waarden is waar mogelijk kwantitatief beoordeeld, door analyse van beschikbare informatie en expert judgement. In het deelgebied Eemshaven-Tjuchem zijn de alternatieven onderling vergeleken. Voor het tracé Tjuchem-Delfzijl zijn alleen analyse-uitkomsten bepaald. De deelgebieden waar bestaande leidingen worden hergebruikt zijn geen onderdeel van de beoordeling.

3.1. Beoordelingskader

Tijdens de verkenningsfase van de projectprocedure zijn de ligging en aanlegmethoden van de alternatieven en het tracé Tjuchem-Delfzijl globaal uitgewerkt. Optimalisatie van de uitvoeringsmethoden vindt plaats na het vaststellen van het voorkeursalternatief. HNS hanteert hoge standaarden voor het beperken van na-schade en overlast, daarom is in de beoordeling de verwachte impact onderzocht van de voorgenomen aanlegmethodes met inbegrip van mitigerende maatregelen. De beoordelingen in dit onderzoek zijn in deze fase gebaseerd op kwantitatieve analyse van data en informatie, aangevuld met modellering en/of expert judgement.

Veldonderzoek en detailontwerp van het tracé zijn in deze fase niet uitgevoerd en kunnen in de vervolgfase van het project worden ingezet. Hierdoor kan deze informatie niet worden beoordeeld. Voorbeelden van nog niet uitgevoerde detailontwerpen en onderzoeken zijn:

Detailontwerpen:

- Bepaling van uitlegstroken;
- Inrichting van werkterreinen en bouwwegen;
- Belasting van de ondergrond.

Onderzoeken:

- Cultuurtechnisch onderzoek en advies;
- Geohydrologisch onderzoek en advies;
- Aanwezigheid en ligging van drainage.

3.1.1. Wijze van beoordeling

De aspecten en criteria voor het beoordelingskader zijn geïntroduceerd in hoofdstuk 2.3. In Tabel 7 is de wijze van beoordeling samengevat voor de aspecten en criteria.

Tabel 7 – Beoordelingsaspecten

Aspect	Criterium	Wijze van beoordelen
Tracé ligging	Tracélengte door landbouw-percelen	Meting van tracélengte door agrarische percelen op basis van openbaar beschikbare data
	Tracélengte door akkerbouwpercelen	Meting van tracélengte door akkerbouw percelen op basis van openbaar beschikbare data
	Aantal perceeleigenaren	Telling van eigenaren op basis van kadastrale gegevens
	Tracélengte in huiskavels	Meting van tracélengte door huiskavels op basis van kadastrale gegevens
Bodemopbouw	Bodemopbouw i.r.t. herstel	Bureaustudie op basis van openbaar beschikbare data en expert judgement
Bodemgebonden ziekten en plagen	Bodemgebonden ziekten en plagen	Bureaustudie op basis van openbaar beschikbare data
Opwarming bodem	Opwarming bodem	Bureaustudie op basis van openbaar beschikbare data, modellering en expert judgement
Verziltig	Verziltig van de bodem	Bureaustudie op basis van openbaar beschikbare data, modellering en expert judgement

3.1.2. Analysemethode

Per criterium is bepaald welke factoren bepalend zijn voor de mate waarin de effecten van de aanleg van de leiding impact hebben op de agrarische bedrijfsvoering. Dit zijn de onderscheidende factoren in dit agrarisch waardenonderzoek. Ten behoeve van de analyses zijn deze onderscheidende factoren kwantitatief meetbaar gemaakt, op de volgende wijze:

- Informatie en data is verwerkt in een GIS-model, waardoor raakvlakken met de tracés meetbaar zijn gemaakt;
- Kwalitatief beschreven impact in aangeleverde expert judgement is vertaald naar weegfactoren, zodat deze kwalitatief beschreven impact in de berekende resultaten kan worden verwerkt.

Voor de bepaling van de impact zijn de onderstaande onderscheidende factoren bepaald die voor alle criteria van toepassing zijn:

- De economische waardering van gewassen: afhankelijk van de onderzochte impact kan dit voor alle landbouw zijn of alleen voor akkerbouw;
- Weging van optredende effect: om impact meetbaar te maken zijn voor diverse criteria weegfactoren bepaald op basis van expert judgement;
- Tracélengte: afhankelijk van de onderzochte impact kan dit voor alle landbouw zijn of alleen voor akkerbouw.

Uitzonderingen op het gebruik van onderscheidende factoren zijn:

- Het aspect Tracélengte, hier is alleen sprake van de onderscheidende factor tracélengte en aantal perceeleigenaren;

- De wegingsfactor voor Bodemgebonden ziekten en plagen is niet gebaseerd op expert judgement. Het aantal akkerbouwpercelen is hiervoor als onderscheidende factor van toepassing;
- Voor opwarming van de bodem is gewaswaardering niet toegepast.

De analyse-uitkomsten van de individuele onderscheidende factoren zijn met elkaar vermenigvuldigd om tot een resultaat per criterium te komen. De uitkomst is als resultaat gepresenteerd in de resultaat-tabellen van criteria met meerdere onderscheidende factoren. De score is bepaald op basis van de percentuele afwijking van het resultaat ten opzichte van het referentietracé. Deze analysemethodiek is hieronder schematisch weergegeven.



Hierbij hoort de onderstaande aanvullende toelichting:

- De onderscheidende factoren 'economische waardering van gewassen' en 'weging van optredende effecten' zijn beide evenredig met tracélengte. Om kwadratische weging van tracélengte te voorkomen zijn beide onderscheidende factoren gemiddeld over tracélengte. Middels toevoeging van tracélengte als onderscheidende factor is de uiteindelijke beoordeelde impact evenredig met tracélengte;
- Het resultaat is een getalsmatige uitkomst ten behoeve van onderlinge vergelijking van de alternatieven. Het resultaat is geen kwantitatieve vaststelling van schade of overlast;
- De gepresenteerde analyse-uitkomsten van de onderscheidende factoren zijn ten behoeve van de leesbaarheid afgerond op één decimaal. De gepresenteerde resultaten zijn op basis van niet afgeronde uitkomsten.

Voor de uitvoering van de analyses is gebruik gemaakt van datasets uit diverse bronnen en aangeleverde expert judgement. Deze zijn samengevat in Tabel 8.

Tabel 8 – Informatie bronnen

Bron	Beschrijving	Gebruik
PDOK	Publieke Dienstverlening Op de Kaart (PDOK) beheert van geodatasets van Nederlandse overheden. Hieronder vallen de basisregistraties gewaspercelen en ondergrond.	BRP gewaspercelen BRO Bodemkaart
Omgevingsloket	In het landelijke portaal voor ruimtelijke plannen zijn alle bestemmingsplannen en structuurvisies in te zien. Geografische allocatie van bestemmingsplannen is beschikbaar als dataset	Bestemmingsplannen
Kadaster	Kadastrale gegevens van percelen op de tracés van alternatieven zijn aangevraagd bij het Kadaster. Deze zijn geanonimiseerd aangeleverd.	Kadastrale gegevens
Platform leg- en ligrechten	Platform leg- en ligrechten is een brede vertegenwoordiging van kabel- en leidingexploitanten. In samenwerking met LTO worden jaarlijks (voorschot)	Gewasschadetarieven

	tarieven bepaald voor gewasschade bij kabel- en leidingaanleg.	
Antea Group	De bodemeenheden op tracédelen in het studiegebied zijn door Antea Group gecategoriseerd op cultuurtechnische gevoeligheid van de bodem.	Wegingsfactor Bodemopbouw i.r.t. herstel
NVWA	Door het NVWA is tracéonderzoek gedaan naar aanwezige besmettingen van bodemgebonden quarantaine organismen.	Aanwezigheid Bodemgebonden ziekten en plagen
Deltares	Aan de hand van de bodemprofielen in het studiegebied is door Deltares de mate van opwarming van de bodem gemodelleerd.	Opwarming bodem
Wageningen University & Research (WUR)	Op basis van opwarming van de bodem is door de WUR het effect op gewasgroei gemodelleerd voor veel voorkomende gewassen in het studiegebied.	Opwarming bodem
Acacia Water	Het effect van bemaling tijdens leiding aanleg op zoetwaterlenzen is in beeld gebracht door Acacia Water. Op basis hiervan is het verziltingsrisico bepaald	Wegingsfactor verziltingsrisico

3.1.3. Beoordelingsschaal

Voor de beoordeling van de alternatieven in het deelgebied Eemshaven-Tjuchem dient het Basisalternatief als referentietracé. Dit betekent dat de resultaten van het Waterleiding- en N33-alternatief zijn vergeleken met resultaten van het Basisalternatief. De beoordeling van de alternatieven volgt uit de percentuele afwijking ten opzichte van het basisalternatief. Hierbij is de zevenpuntenschaal toegepast zoals weergegeven in Tabel 9. Wanneer het analyseresultaat van een van de varianten meer dan 30% afwijkt van het resultaat van het referentietracé, wordt de maximale score toegepast (- -, of + +). Wanneer de afwijking minder dan 5% bedraagt, is een neutrale score toegepast. De beoordelingsschaal is gebaseerd op de spreiding van de analyseresultaten.

Tabel 9 - Beoordelingsschaal

Score	Omschrijving beoordeling	Definitie
++	Sterk positief ten opzichte van het Basisalternatief	30% minder of korter dan het Basisalternatief
+	Positief ten opzichte van het Basisalternatief	15% minder of korter dan het Basisalternatief
0/+	Licht positief ten opzichte van het Basisalternatief	5% minder of korter dan het Basisalternatief
0	Vergelijkbaar met de het Basisalternatief	Minder dan 5% verschil met het Basisalternatief
0/-	Licht negatief ten opzichte van het Basisalternatief	5% meer of langer dan het Basisalternatief
-	Negatief ten opzichte van het Basisalternatief	15% meer of langer dan het Basisalternatief
--	Sterk negatief ten opzichte van het Basisalternatief	30% meer of langer dan het Basisalternatief

In de beoordeling resulteert een lager resultaat ('minder' of 'korter') in een negatieve afwijking (percentage) bij presentatie van de resultaten in hoofdstuk 4. Echter, dit betekent een positieve beoordeling.

Het tracé van Tjuchem naar Delfzijl is een separaat deelgebied. Voor dit tracé zijn geen alternatieven beschikbaar. Alleen de analyse-uitkomsten van de onderscheidende factoren zijn weergegeven en toegelicht.

3.2. Toelichting beoordelingsmethodiek

Voor de beschrijving van de beoordelingsmethodiek is de onderstaande aanvullende algemene toelichting van toepassing.

3.2.1. Gewaswaardering

De omvang van risico's of schade door leidingaanleg is mede afhankelijk van de economische waarde van de verbouwde gewassen. Voor weging van de economische waarde zijn waarderingsklassen bepaald, op basis van gewasschadetarieven voor de desbetreffende gewassen. Toegepaste tarieven zijn gebaseerd op de door Platform Leg- en ligrechten en LTO overeengekomen tarieven voor 2023. Voor gewassen waar geen standaardtarief voor beschikbaar is, is gebruik gemaakt van praktijkcijfers of cijfers uit de KWIN (Kwantitatieve informatie Akkerbouw) van de WUR. In de gewaswaardering vertegenwoordigen hogere vergoedingstarieven een hogere waarderingsklasse. Het uitgangspunt is 3-jarige teeltplannen in verband met wisselteelt. De gewaswaardering is daarom bepaald door optelling van drie opvolgende jaargangen.

In Bijlage 2 zijn de voorkomende gewascodes en indeling in waarderingsklasse opgenomen. De indeling van de waarderingsklassen is samengevat in Tabel 10. Hierin vertegenwoordigt waarderingsklasse 3 de hoogste waarde van de gewasschadetarieven en waarderingsklasse 1 de laagste.

Tabel 10 – Waarderingsklasse indeling

Gewasschadetarieven	Waarderingsklasse
> € 0,70 per m ²	3
> € 0,40 en ≤ € 0,70 per m ²	2
≤ € 0,40 per m ²	1

Wanneer op percelen drie jaargangen op rij gewassen uit de hoogste waarderingsklasse zijn geteeld, bereikt dit perceel de hoogst mogelijke score van 9. Wanneer juist drie jaargangen op rij gewassen uit de laagste waarderingsklasse zijn geteeld, wordt de laagste score van 3 bereikt.

3.2.2. Aanlegmethode

In de huidige projectfase is alleen onderscheid gemaakt tussen aanleg in open ontgraving en aanleg door middel van horizontaal gestuurde boringen. Voor de aspecten waarin de geboorde delen onderdeel zijn van de beoordeling, zijn beide aanlegmethodes gelijkwaardig gewogen. Voor sommige aspecten of criteria zorgt de uitvoering door middel van horizontaal gestuurde boring ervoor dat de impact op de agrarische bedrijfsvoering in de geboorde delen gering is. Bij geringe impact is lengte aangelegd door middel van boring niet meegewogen in de beoordeling van het betreffende criterium.

In Tabel 11 is per criterium aangegeven of lengtes aangelegd door middel van boringen onderdeel zijn van de beoordeling van de desbetreffende criterium, of dat beoordeling alleen gebaseerd is op lengte aangelegd in open ontgraving. Deze keuze is per criterium nader toegelicht in de effectbeoordeling in Hoofdstuk 4.

Tabel 11 – Overzicht wijze van beoordeling van boringen in criteria

Tracélengte inclusief boringen	Alleen tracélengte in open ontgraving
Tracélengte door landbouwpercelen	Bodemgebonden ziekten en plagen
Tracélengte door akkerbouwpercelen	Opwarming bodem
Aantal perceeleigenaren	Verzilting
Tracélengte door huiskavels	
Bodemopbouw i.r.t. herstel	

Het niet meewegen van tracélengte aangelegd door middel van boringen resulteert in minder beschouwde tracélengte. Door beschouwing van een korter tracé is de impact op de agrarische bedrijfsvoering van het betreffende alternatief minder, waardoor de score positiever zal uitvallen. Dit betekent een gunstig effect voor alternatieven met relatief veel boringen.

4. Effectbeoordeling

In dit hoofdstuk zijn de analyse en resultaten per criterium beschreven. Per aspect is de impact van leidingaanleg op de agrarische waarde toegelicht.

4.1. Tracéligging

De alternatieven liggen grotendeels in een omgeving waar landbouwactiviteiten plaats vinden. Met landbouwactiviteiten wordt het gebruik van de bodem bedoeld voor teelt van gewassen of het houden van dieren voor de voedselproductie.

4.1.1. Effectbeschrijving tracéligging

Een langere tracélengte door landbouwgrond resulteert in meer impact voor agrarische ondernemers. Vanuit agrarisch perspectief heeft het daarom de voorkeur om tracélengte in landbouwgrond te beperken. Ondanks de inzet van HNS om onderstaande effecten zoveel mogelijk te mitigeren en compenseren zal er toch impact zijn op de agrarische bedrijfsvoering.

- Inrichting van werkstroken, werkterreinen en bouwwegen in (delen van) agrarische percelen. Deze perceel(delen) kunnen in een bepaalde periode niet ingezet worden voor agrarische bedrijfsvoering. In bepaalde gevallen kan de werkstrook een belemmering vormen voor het kruisen van kavels;
- Belemmering op percelen door aanwezigheid van ondergrondse objecten (leiding) onder zakelijk recht;
- Extra administratieve inzet voor de agrarische ondernemer voor het doorgeven van wijzigingen, aangaan van overeenkomsten en compensatieregelingen;
- Aanpassing van bedrijfsvoering doordat bijvoorbeeld teelt- of beweidingsplannen niet meer mogelijk zijn, mestafvoer noodzakelijk is of arbeidssituaties wijzigen;

Om de impact van de bovenstaande effecten op de agrarische bedrijfsvoering te beoordelen is aangenomen dat de ervaren overlast evenredig is met tracélengte en aantal getroffen perceeleigenaren. Dit betekent dat verdubbeling van tracélengte resulteert in dubbele overlast.

Deze bovenstaande effecten zijn onderzocht binnen het aspect Tracéligging. Door analyse van de onderstaande criteria is de impact op de agrarische bedrijfsvoering beoordeeld. Dit is beschreven in de volgende paragrafen.

4.1.2. Analysemethode en resultaat tracélengte door landbouwpercelen

Het criterium tracélengte door landbouwpercelen is op de onderstaande wijze onderzocht.

Tabel 12 – Criterium tracélengte door landbouwpercelen

Criterium	Tracélengte door landbouwpercelen
Impact:	Leiding aanleg heeft impact op de gehele agrarische bedrijfsvoering. De langste tracélengte door landbouwpercelen geeft de laagste score voor dit criterium.
Analyse:	Meting van tracé ligging in geldende bestemmingplannen. Hierbij is de lengte gemeten in enkelbestemming "Agrarisch".
Bron:	De bestemmingsplannen zijn geraadpleegd via ruimteplannen.nl ¹

Resultaat

In de overzichtskaart Enkelbestemming opgenomen in Bijlage 3 zijn de bestemmingen van het studiegebied weergegeven. Figuur 5 is hiervan een weergave.



Figuur 5 – Overzicht Enkelbestemming

De resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 13. Van het Waterleidingalternatief is de tracélengte gelegen in landbouwpercelen vrijwel gelijk aan het Basisalternatief, resulterend in

¹ Gebaseerd op geldende bestemmingsplannen van 2023. Ter plaatse van Eemshaven en Oosterhorn zijn de bestemmingsplannen nog in ontwerpfasen. In de Oostpolder is er sprake van mogelijke aanpassing naar industriële bestemming.

dezelfde neutrale score. De tracélengte door landbouwpercelen van het N33-alternatief is substantieel langer, resulterend in een negatieve score.

De tracélengte door landbouwpercelen van het tracé Tjuchem-Delfzijl bedraagt 6,8 kilometer. Dit is 66% van de totale tracélengte van 10,3 kilometer.

Tabel 13 – Resultaten tracélengte door landbouwpercelen

Alternatief	Lengte [km]	Afwijking [%]	Score
Basis	19,5	Referentie	0
Waterleiding	19,3	-1,0 %	0
N33	22,9	+17,3 %	-
Tjuchem-Delfzijl	6,8	n.v.t.	n.v.t.

4.1.3. Analysemethode en resultaat tracélengte door akkerbouwpercelen

Het criterium tracélengte door akkerbouwpercelen is op de onderstaande wijze onderzocht.

Tabel 14 – Criterium tracélengte door akkerbouwpercelen

Criterium	Tracélengte door akkerbouwpercelen
Impact:	Leiding aanleg door akkerbouw percelen heeft meer impact op agrarische bedrijfsvoering dan leiding aanleg in percelen met gras. Langste tracélengte door akkerbouwpercelen resulteert in de laagste score voor dit criterium.
Analyse:	Meting van ligging in de categorie "Bouwland" van dataset BRP gewaspercelen.
Bron:	BRP gewaspercelen 2022

Resultaat

In Figuur 6 zijn de resultaten van tracélengte in agrarische percelen visueel weergegeven. Aan de hand van de sub-regio indeling zoals beschreven in hoofdstuk 2.2 is te zien dat in de sub-regio Noord vrijwel alleen akkerbouw wordt bedreven. In sub-regio Midden gaat dit geleidelijk over naar overwegend grasland. In sub-regio Zuid is het gebruik gemengd.



Figuur 6 – Overzicht akkerbouw

De resultaten van de beoordeling zijn samengevat in Tabel 15. Van het Waterleidingalternatief is de tracélengte gelegen in akkerbouwpercelen vrijwel gelijk aan het Basisalternatief, resulterend in dezelfde neutrale score. De tracélengte door akkerbouwpercelen van het N33-alternatief is substantieel korter, resulterend in een positieve score.

De tracélengte door akkerbouwpercelen van het tracé Tjuchem-Delfzijl bedraagt 3,2 kilometer. Dit is 31% van de totale tracélengte.

Tabel 15 – Resultaten tracélengte door landbouwpercelen

Alternatief	Akkerbouw [km]	Afwijking [%]	Score
Basis	11,7	Referentie	0
Waterleiding	11,4	-2,4 %	0
N33	9,8	- 16,7 %	+
Tjuchem-Delfzijl	3,2	n.v.t.	n.v.t.

4.1.4. Analysemethode en resultaat aantal perceeleigenaren

Het criterium aantal perceeleigenaren is op de onderstaande wijze onderzocht.

Tabel 16 – Criterium aantal perceeleigenaren

Criterium	Aantal perceeleigenaren
Impact:	Het aantal perceeleigenaren geeft het aantal agrarische ondernemers aan dat hinder zal ondervinden van aanleg werkzaamheden en waarmee een zakelijk recht overeenkomst moet worden afgesloten. Meer perceeleigenaren betekent een lagere score.
Analyse:	Telling van eigenaren van percelen met een agrarische bestemming op basis van kadastrale dataset. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd: <ul style="list-style-type: none">• Het aantal unieke natuurlijke en niet natuurlijke personen zijn opgeteld. Hierbij zijn publiekrechtelijke of kerkelijke instellingen buiten beschouwing gelaten;• Alleen de “belangrijkst rechthebbende” zijn opgeteld conform de methodiek van het Kadaster. De methodiek is beschreven in Bijlage 2;• Alleen kadastrale percelen in “Agrarisch” enkelbestemming conform het bestemmingsplan zijn opgeteld.
Bron:	Kadastrale dataset

Resultaat

In Tabel 17 is het aantal unieke perceeleigenaren van agrarische percelen weergegeven. Het aantal percelen in eigendom van publiekrechtelijke personen of kerkelijke instanties is voor alle alternatieven gering. De verschillen tussen de alternatieven van aantallen unieke perceeleigenaren zijn gering, resulterend in een dezelfde neutrale score.

Het tracé van Tjuchem-Delfzijl kruist de percelen van 18 unieke perceeleigenaren.

Tabel 17 – Resultaten aantal perceeleigenaren

Alternatief	Aantal	Afwijking [%]	Score
Basis	45	Referentie	0
Waterleiding	46	+2,2 %	0
N33	44	- 2,2 %	0
Tjuchem-Delfzijl	18	n.v.t.	n.v.t.

4.1.5. Analysemethode en resultaat tracélengte in huiskavels

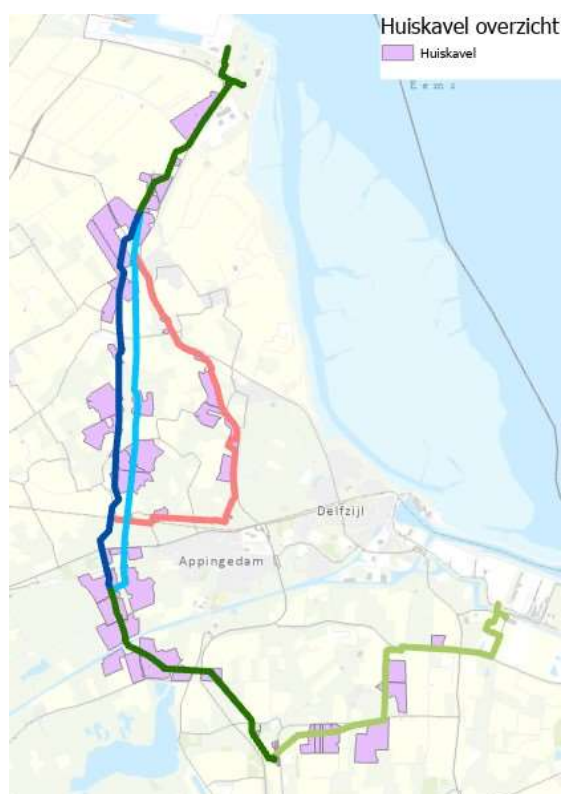
Huiskavels zijn aaneengesloten agrarische percelen van één gebruiker met daarop de hoofdbedrijfsgebouwen omgeven door grond van andere grondgebruikers, wegen, waterlopen of spoorbanen. Het criterium ligging in huiskavels is op de onderstaande wijze onderzocht.

Tabel 18 – Tracélengte in huiskavels

Criterium	Tracélengte door huiskavels
Impact:	Huiskavels vertegenwoordigen een hogere economische waarde voor een eigenaar door gunstigere ligging ten opzichte van veldkavels. Langere tracélengte in huiskavels betekent een lagere score.
Analyse:	Meting van tracélengte in percelen die zijn gekenmerkt als huiskavel in de kadastrale dataset. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd: <ul style="list-style-type: none">• Er is gebruik gemaakt van het postadres van percelen en bijbehorende belangrijkste rechthebbende;• Kavels kleiner dan 1 hectare zijn niet meegewogen conform de methodiek van het Kadaster.
Bron:	Kadastrale dataset

Resultaat

Op de overzichtskaart Huiskavels opgenomen in Bijlage 3 zijn de locaties van tracéligging in huiskavels weergegeven. Figuur 7 is een weergave hiervan. Het geeft een beeld van de voorkomende huiskavels op de tracés van de alternatieven.



Figuur 7 – Overzicht Huiskavels

Uit de resultaten weergegeven in Tabel 19 blijkt dat het Waterleidingalternatief de kortste tracélengte heeft door huiskavels, resulterend in een licht positieve score. Het N33-alternatief heeft de langste tracélengte door huiskavels, resulterend in een licht negatieve score.

De tracélengte door huiskavels van het tracé Tjuchem-Delfzijl bedraagt 2,7 kilometer. Dit is 26% van de totale tracélengte.

Tabel 19 – Resultaten tracélengte in huiskavels

Alternatief	Huiskavel [km]	Afwijking [%]	Score
Basis	10,5	Referentie	0
Waterleiding	9,7	- 7,6 %	0/+
N33	11,2	+ 6,8 %	0/-
Tjuchem-Delfzijl	2,7	n.v.t.	n.v.t.

4.2. Bodemopbouw

Het aspect bodemopbouw is beoordeeld vanuit het perspectief van cultuurtechnisch herstel na uitvoering van werkzaamheden. De werkzaamheden die horen bij de aanleg van de leiding verstoren de bodemstructuur, wat een nadelig effect heeft op bruikbaarheid en gewasgroei. De bodemopbouw is bepalend voor de mate waarin de bodemstructuur verstoord raakt en voor het risico dat dit nadelige impact heeft op de bruikbaarheid van het perceel en de gewasgroei.

4.2.1. Effectbeschrijving bodemopbouw i.r.t. herstel

Tijdens de ontwerpfase zal een cultuurtechnisch rapport worden opgesteld waarin, gespecificeerd naar de lokale bodemopbouw, cultuurtechnische herstelwerkzaamheden worden beschreven om schade aan de bodemstructuur te minimaliseren. Toch is tijdelijke resterende na-schade na uitvoering van herstelwerkzaamheden niet helemaal te voorkomen, met name in de eerste jaren na aanleg. Natuurlijke fysische, chemische en biologische processen hebben tijd nodig om de resterende na-schade te herstellen.

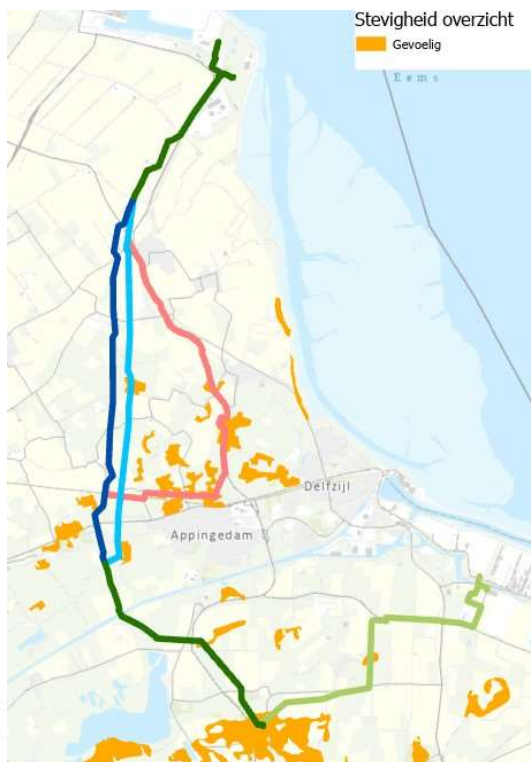
Na-schade wordt veroorzaakt door de onderstaande factoren:

- **Grondroering:** Het ontgraven, tijdelijk opslaan en weer aanvullen verstoort de bodemstructuur.
- **Bemaling:** Ontwatering van een grondlaag kan zettingen veroorzaken, door opheffen van grondtekorten kan dit goed gemitigeerd worden. Het effect van verdichting van diepere bodemlagen op de gebruikswaarde en agrarische bedrijfsvoering is nihil;
- **Belasting:** Aanleg van bouwwegen en werkterreinen, in combinatie met belasting van rijdend materieel, resulteert in verhoogde belasting van de bestaande bodem. Hierdoor wordt de bodem direct onder het maaiveld verdicht.

Door Antea Group is op basis van expert judgement de gevoeligheid van de bodem voor structuurschade bepaald, deze is opgenomen in Bijlage 4. Aan de hand van volgende kenmerken van de bodemopbouw is een indeling gemaakt in cultuurtechnische gevoeligheidsklassen:

- **Stevigheid:** In de bodemkaart van Nederland is de stevigheid van de bovengrond aangegeven. De gradatie verloopt van klasse 1 tot 3 waarbij klasse 1 niet gevoelig is voor vertrapping bij beweiding of voor insporing bij berijden. Klasse 3 is sterk gevoelig;
- **Knippig:** Knippig is afgeleid uit het Friese woord knip voor slechte grond. Kleigronden met knippige eigenschappen zijn gevoelig voor verslemping. Hierdoor vormt een dichte laag die water slecht doorlaat en waarin wortels moeilijk kunnen doordringen. Over het algemeen hebben deze gronden een dunne toplaag. Hierdoor zijn deze gronden lastiger te bewerken en in oorspronkelijke staat te herstellen;
- **Katteklei in ondergrond:** Deze kleisoort heeft zure eigenschappen en dient strikt gescheiden te houden worden van de teelaarde. Blijvende schade kan ontstaan bij vermenging;
- **Ongerijpte klei:** Bij niet gerijpte gronden zijn bodemvormende processen nog niet afgerond waardoor de bodem structuurloos en slap is. Hierdoor is sprake van verminderde sleufstabiliteit en grotere grondtekorten na afloop van werkzaamheden;
- **Veen in ondergrond:** Veen in de ondergrond zorgt voor een verminderde sleufstabiliteit en grotere grondtekorten na afloop van werkzaamheden.

In Figuur 8 tot en met Figuur 12 is weergegeven waar de hierboven beschreven kenmerken van de bodemopbouw worden verwacht.



Figuur 8 – Stevigheid van de bodem



Figuur 9 – Knippigheid van de bodem



Figuur 10 – Katteklei in ondergrond



Figuur 11 – Ongerijpte bodem



Figuur 12 – Veen in (onder)grond

Voor deze kenmerken van de bodemopbouw is door Antea Group een indeling gemaakt voor het wegen van gevoeligheid voor structuurschade, deze is opgenomen in Bijlage 4. De indeling van gevoeligheidsklasse en de bijbehorende wegingsfactoren zijn weergegeven in Tabel 20.

Tabel 20 - Wegingsfactor gevoeligheid structuurschade

Gevoeligheidsklasse	Wegingsfactor
Cultuurtechnisch relatief ongevoelig	1,00
Cultuurtechnisch matig gevoelig	1,25
Cultuurtechnisch gevoelig	1,50
Cultuurtechnisch zeer gevoelig	1,75

4.2.2. Analysemethode bodemopbouw i.r.t. herstel

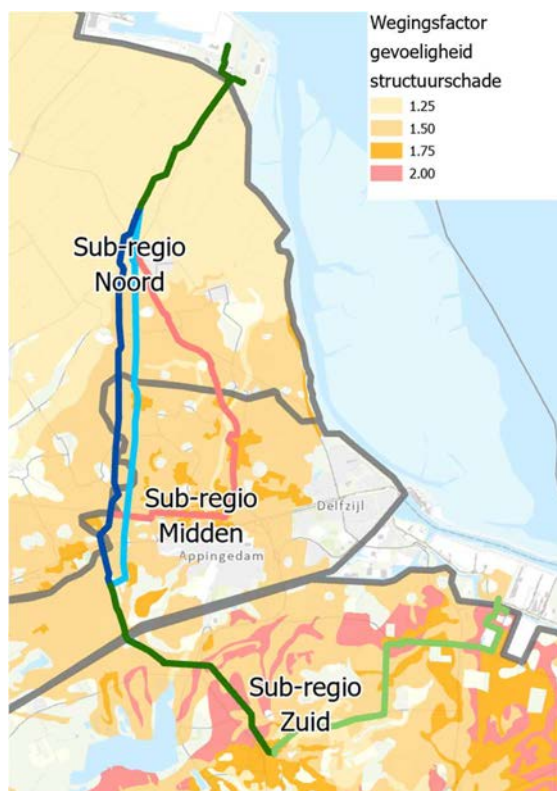
Om het effect van gevoeligheid voor structuurschade te beoordelen is het criterium op onderstaande wijze onderzocht:

Tabel 21 – Criterium bodemopbouw i.r.t. herstel

Criterium	Bodemopbouw i.r.t. herstel
Impact:	<p>De impact van de werkzaamheden is bepaald op basis van de onderstaande onderscheidende factoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De gewaswaardering geeft een indicatie van economische schade; • Wegingsfactor van gevoeligheid voor structuurschade van de lokale bodemopbouw en daarmee de verwachte omvang van na-schade en potentiële inkomstendering door verminderde productie; • Tracélengte door landbouwpercelen geeft de omvang van de totale impact. <p>Gevoelige bodemsoorten met hoge gewaswaardering en langere tracélengte in landbouwpercelen scoren lager.</p>
Analyse:	<p>De analyse is uitgevoerd in de onderstaande stappen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Meting van tracélengte per gewaswaarderingsklasse; 2. Meting van tracélengte per wegingsfactor van gevoeligheid voor structuurschade; 3. Middeling van stap 1 en 2 over de gemeten tracélengte; 4. Het resultaat volgt uit de vermenigvuldiging van de gemiddelden van stap 3 met de totale gemeten tracélengte van stap 1; 5. Bepaling van de percentuele afwijking ten opzichte van het referentietracé en bijbehorende score op basis van het resultaat van stap 4. <p>In de analyse zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gewaswaardering is bepaald volgens de methodiek zoals vermeld in paragraaf 3.2.1; • De wegingsfactoren van gevoeligheid voor structuurschade zijn afhankelijk van de klasse-indeling en zijn vermeld in Bijlage 4. Deze is gebaseerd op basis van expert judgement; • In de bodemkaart aangegeven oude bewoningsplaatsen of opgehoogde gronden hebben geen wegingsfactor.
Bron:	<p>BRO bodemkaart BRP gewaspercelen 2022, 2021 en 2020 Waarde indicatie gewassen door HNS (Bijlage 1) Expert judgement Antea Group (Bijlage 4)</p>

4.2.3. Resultaten bodemopbouw i.r.t. herstel

Figuur 13 toont de wegingsfactoren in het studiegebied, afgeleid van de Overzichtskaart bodemgevoeligheid in Bijlage 3. Aan de hand van de sub-regio indeling zoals beschreven in hoofdstuk 2.2 is te zien dat Sub-regio Noord grotendeels valt in de laagste wegingsfactor en is daarmee relatief ongevoelig is voor structuurschade. In sub-regio Zuid varieert de gevoeligheid van matig tot zeer gevoelig voor structuurschade. Sub-regio Midden is voornamelijk matig gevoelig voor structuurschade. Figuur 14 geeft de gewaswaardering weer. Met name in sub-regio Noord bevinden zich gewassen met hoge gewaswaardering in de teeltplannen.



Figuur 13 – Gevoeligheid voor structuurschade



Figuur 14 – Gewaswaardering landbouw

In Tabel 22 zijn de resultaten van de beoordeling op structuurschade opgenomen. De resultaten van het deelgebied Eemshaven-Tjuchem zijn tot stand gekomen door analyse van de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gewaswaardering landbouwgewassen: Voor het Waterleidingalternatief is de gewaswaardering gelijk aan het Basisalternatief. Het N33-alternatief heeft een lagere gewaswaardering door een grotere tracélengte in grasland;
- Structuurschade: Gelijk voor alle drie de alternatieven;
- Tracélengte door landbouwpercelen: Voor het Waterleidingalternatief is het verschil met het Basisalternatief beperkt. Het tracé van het N33-alternatief door landbouwpercelen is langer.

Op basis van deze onderscheidende factoren krijgt het Waterleidingalternatief dezelfde neutrale score als het Basisalternatief. Het N33-alternatief is langer. Deze extra tracélengte wordt deels gecompenseerd door een lagere gewaswaardering. Dit resulteert in een licht negatieve score.

Het tracé Tjuchem-Delfzijl is geanalyseerd voor de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gemiddelde gewaswaardering landbouwgewassen: 4,6 doordat 52% van de tracélengte door landbouwpercelen bestaat uit grasland;
- Gemiddelde structuurschade: 1,7 als gevolg van relatief veel aanwezigheid van veen, katte- en knipklei. Dit betekent dat het tracé zeer gevoelig is voor structuurschade;
- Totale tracélengte gelegen in landbouwpercelen: 6,7 kilometer (65% van de totale tracélengte).

Tabel 22 – Resultaten beoordeling structuurschade

Alternatief	Gemiddelde gewaswaardering	Gemiddelde wegingsfactor	Tracé lengte [km]	Resultaat	Afwijking [%]	Score
Basis	5,0	1,5	19,1	141	Referentie	0
Waterleiding	5,0	1,5	19,0	141	0,0 %	0
N33	4,5	1,5	22,1	148	+5,4 %	0/-
Tjuchem-Delfzijl	4,6	1,7	6,7		n.v.t.	n.v.t.

4.3. Bodemgebonden ziekten en plagen (fytosanitair)

4.3.1. Effectbeschrijving bodemgebonden ziekten en plagen

Door uitvoering van werkzaamheden worden de risico's van verspreiding van bodemgebonden ziekten en plagen verhoogd. Aanwezigheid van bodemgebonden ziekten en plagen op een perceel vormt een bedreiging voor de groei van gewassen. Bodemgebonden ziekten en plagen kunnen zich verspreiden van het ene perceel(deel) naar andere onbesmette perceel(delen), bij verplaatsing van materieel of wanneer besmette grond of plantenresten worden verplaatst door grondtransport.

Het grootste risico vindt plaats bij aanleg in open ontgraving. Door een combinatie van veel grondroering en veel verplaatsingen van materieel is het risico op verspreiding van besmettingen relatief hoog. Bij aanleg door middel van boringen vinden werkzaamheden met name plaats op ingerichte werkplaatsen. De mate van grondroering is gering en het materieel maakt weinig contact met grond.

Ondanks beperking van het risico op verspreiding van besmettingen door het gebruik van specifieke bedrijfshygiënische fytosanitaire protocollen tijdens de uitvoering, blijft er ten alle tijden een restrisico bestaan.

Het bestaan van risico's op besmetting wordt ook onderschreven door het NVWA aangeleverde data van aantallen huidige bekende besmettingen op de tracés, deze worden weergegeven in Tabel 23.

Tabel 23 – Aantal besmettingen op basis van NVWA data²

Alternatief	Chitwoodi	Aardappelmoeheid
Basis	1	1
Waterleiding	1	1
N33	1	0
Tjuchem-Delfzijl	0	0

4.3.2. Analysemethode bodemgebonden ziekten en plagen

Om de impact van bodemgebonden ziekten en plagen op de agrarische bedrijfsvoering te beoordelen is het criterium op onderstaande wijze onderzocht:

Tabel 24 – Criterium bodemgebonden ziekten en plagen

Criterium	Bodemgebonden ziekten en plagen
Impact:	<p>Dit criterium is onderzocht op basis van de onderstaande onderscheidende factoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gewaswaardering van akkerbouwgewassen geeft een indicatie van potentiële economische schade bij besmetting. Deze is groter bij gewassen met hogere een waarde; • Het aantal akkerbouw percelen geeft een indicatie van het risico verspreiding van bodemgebonden ziekten en plagen. Bij ieder akkerbouw perceel bestaat de kans dat een ziekte wordt verspreid naar een nabijgelegen akkerbouwperceel(deel); • Totale tracélengte door akkerbouw percelen geeft een indicatie van het totale risico. <p>Langere alternatieven met meer akkerbouw perceelovergangen en hogere gewaswaardering scores daardoor lager.</p>
Analyse:	<p>Analyse is uitgevoerd in de onderstaande stappen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meting van tracélengte per gewaswaarderingsklasse voor akkerbouw gewassen; • Telling van aantal akkerbouw percelen; • Middeling van stap 1 en 2 over gemeten tracélengte in stap 1; • Het resultaat is de vermenigvuldiging van gemiddelden van stap 3 met de totale gemeten tracélengte van stap 1; • Bepaling van de percentuele afwijking ten opzichte van het referentietracé en bijbehorende score op basis van het resultaat van stap 4.

² Registratie van besmettingen is niet verplicht. De NVWA data is daardoor incompleet en geen geschikte basis voor vergelijking van alternatieven.

Bij de analyse zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- Gewaswaardering is bepaald volgens de methodiek zoals vermeld in paragraaf 3.2.1;
- Aantal akkerbouw percelen zijn gebaseerd op de unieke perceel identificatienummers in de dataset van BRP gewaspercelen;
- Risico's voor grasland zijn verwaarloosbaar. Tracélengte door grasland is niet meegenomen in de beoordeling;
- Lengte aangelegd middels boringen is niet mee genomen.

Bron: BRP gewaspercelen 2022, 2021 en 2020
Waarde indicatie gewassen door HNS (Bijlage 1)

4.3.3. Resultaten bodemgebonden ziekten en plagen

De gewaswaarderingen van akkerbouwgewassen in het studiegebied zijn weergegeven in de overzichtskaart gewaswaardering akkerbouw, opgenomen in Bijlage 3. Figuur 15 is een weergave hiervan. Aan de hand van de sub-regio indeling zoals beschreven in hoofdstuk 2.2 is te zien dat in sub-regio Noord akkerbouw met hoge gewaswaardering wordt bedreven. In sub-regio Midden komt weinig akkerbouw voor. In sub-regio Zuid is het gebruik gemengd met lagere gewaswaardering dan in sub-regio Noord.



Figuur 15 – Gewaswaardering akkerbouw

De resultaten van de beoordeling zijn samengevat in Tabel 25. De resultaten van het deelgebied Eemshaven-Tjuchem zijn tot stand gekomen door analyse van de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gewaswaardering akkerbouwgewassen in open ontgraving: de verschillen tussen de alternatieven zijn gering.
- Aantal akkerbouwpercelen in open ontgraving: Het Waterleiding- en N33-alternatief scoren gelijk, het Basisalternatief kruist een groter aantal akkerbouwpercelen in open ontgraving.
- Tracélengte door akkerbouwpercelen in open ontgraving: Het verschil tussen het Basis- en Waterleidingalternatief is gering. Het N33-alternatief heeft de kortste tracélengte in open ontgraving door akkerbouwpercelen.

Op basis van deze onderscheidende factoren is het Waterleidingalternatief licht positief beoordeeld. Het N33-alternatief is sterk positief beoordeeld, door de geringere tracélengte in akkerbouwpercelen en een lagere impact op akkerbouwpercelen.

Het tracé Tjuchem-Delfzijl is geanalyseerd voor de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gemiddelde gewaswaardering van akkerbouwgewassen in de tracédelen in open ontgraving: 5,9 doordat 47% van de totale tracélengte door landbouwpercelen gelegen is in akkerbouwgrond;
- Gemiddelde aantal akkerbouwpercelen per kilometer op tracédelen in open ontgraving: 6,8;
- Tracélengte door akkerbouwpercelen in open ontgraving: 3,2 kilometer (31% van de totale tracélengte).

Tabel 25 – Resultaten bodemgebonden ziekte en plagen in akkerbouwpercelen

Alternatief	Gemiddelde gewaswaardering	Percelen per kilometer	Tracé lengte [km]	Resultaat	Afwijking [%]	Score
Basis	6,3	5,7	9,1	327	Referentie	0
Waterleiding	6,3	5,0	9,4	296	-9,5 %	0/+
N33	6,2	5,0	7,4	228	-30,4 %	++
Tjuchem-Delfzijl	5,9	6,8	3,2		n.v.t.	n.v.t.

4.4. Opwarming bodem

4.4.1. Effectbeschrijving opwarming van de bodem

Bodemtemperatuur is één van de factoren die gewasgroei beïnvloeden. Waterstofleidingen kunnen warmer zijn dan de grond waarin deze liggen. Conform de voorgenomen kwaliteitseisen voor het landelijke waterstofnetwerk mag de leidingtemperatuur maximaal 30°C bedragen. Deze temperatuur kan opwarming van de omliggende grond veroorzaken. Opwarming van teelaarde kan leiden tot ongelijkmatige groei van gewassen en daarmee negatieve gevolgen voor de agrarische bedrijfsvoering.

Op basis van expert judgement van Deltares en WUR opgenomen in Bijlage 5 en Bijlage 6 is het effect op gewasgroei bepaald in de onderstaande vier stappen:

1. Bepaling van typische ondergrondprofielen in het studiegebied. Deze worden casus genoemd;
2. Op basis van grondonderzoek zijn de tracés ingedeeld in tracédelen die segmenten worden genoemd. Per segment is mate waarin casussen voorkomen vastgesteld;
3. Voor iedere casus is de opwarming van de bodem gemodelleerd over een breedte van 20 meter. Buiten deze zone is de opwarming nihil;
4. Voor iedere casus is de gewasgroei gemodelleerd voor de gewassen gras, aardappelen, suikerbieten en graan. Deze gewassen zijn het meest voorkomend in het studiegebied. Verschillen van groei is uitgedrukt in dagen verschil in opkomst- en oogstdata.

De verschillen in gewasopbrengst boven de leiding zijn weergegeven in Tabel 26. Vermindering van gewasopbrengst is uitgedrukt in een negatief percentage. Uit de resultaten blijkt dat opwarming van de bodem in veel gevallen resulteert in toename van opbrengst.

Tabel 26 – Resultaten modellering gewasgroei

Beschrijving	Gras	Aardappelen	Suikerbieten	Graan
Min. verschil in opbrengst	+2,5%	-0,2%	+0,9%	-1,1%
Max. verschil in opbrengst	+4,6%	+1,8%	+3,1%	+1,7%
Min. verschil dagen opkomst		4	2	2
Max. verschil dagen opkomst		7	8	8
Min. verschil oogstdatum		2	4	1
Max. verschil oogstdatum		15	6	2

Door HNS is een notitie opgesteld voor de kwalitatieve weging van de verschillen in opkomst- en oogstdatum, deze is opgenomen in Bijlage 8. Het effect op de bedrijfsvoering verschilt per gewas. Dit is hieronder samengevat.

- Aardappelen: De belangrijkste onkruidbestrijding bij aardappelen vindt rondom opkomst plaats. Hetzij door een bespuiting vlak voor opkomst, hetzij door het aanaarden van de rug rondom opkomst of een combinatie van beiden. Geen goede onkruidbestrijding kan resulteren in lagere opbrengst, hogere ziektedruk en/of extra werkzaamheden. Het verschil in opkomstdatum wordt dan ook extra zwaar gewogen (wegingsfactor 2). De kwaliteit van aardappelen kan minder worden als deze lokaal eerder oogstrijp zijn, als gevolg van opwarming van de bodem. In de praktijk zal dit niet of nauwelijks meetbaar zijn, waardoor voor het verschil in oogstdatum geen zwaardere weging wordt toegepast (wegingsfactor 1);
- Suikerbieten: Hiervoor vindt onkruidbestrijding doorgaans plaats door het kleine onkruid met lage dosering onkruidbestrijdingsmiddel te bestrijden. Door verschil in opkomstdatum kan ook het onkruid eerder opkomen en mogelijk niet meer gevoelig zijn voor de lage dosering. Gevolg kan zijn dat zwaardere dosering noodzakelijk is of lagere opbrengst doordat onkruidbestrijding minder effectief is. Het verschil in opkomstdatum wordt dan ook extra

zwaar gewogen (wegingsfactor 2). Later oogsten van suikerbieten, als de niet-opgewarmde delen van het perceel ook oogstrijp zijn, kan resulteren in een lager suikergehalte. In de praktijk is dit niet of nauwelijks meetbaar, waardoor voor het verschil in oogstdatum geen zwaardere weging wordt toegepast (wegingsfactor 1);

- Graan: Het verschil in opkomstdatum heeft weinig gevolgen voor onkruidbestrijding van graanteelt. Echter kan opwarming van een deel van het perceel zorgen voor een hogere gewasontwikkeling, met daaruit volgend een hogere schimmeldruk. Het verschil in opkomstdatum heeft daarom geen zwaardere weging (wegingsfactor 1). De verschillen in oogstdatum hebben een grotere invloed dan de verschillen in opkomstdatum. Als graan later wordt geoogst kan de kwaliteit snel achteruitgaan. Een voorbeeld hiervan is het kiemen van gerijpte graankorrels. Het verschil in oogstdatum wordt dan ook extra zwaar gewogen (wegingsfactor 2);
- Gras: Het verschil in oogst- en opkomstdatum heeft geen impact op de agrarische bedrijfsvoering.

Op basis van de bovenstaande beschreven effecten van verschillen in opkomst- en oogstdatum worden de beschreven wegingsfactoren toegepast, tevens vermeld in Tabel 27. Door toepassing van deze wegingsfactoren op de geteelde gewassen, wordt voor elk alternatief een gewogen gemiddelde aantal dagen verschil in opkomst- en oogstdatum berekend per gewasindeling en per leiding segment. Tussen haakjes is het kwalitatieve oordeel van HNS weergegeven.

Tabel 27 - Weging verschil opkomst- en oogstdatum

Gewas	Weging verschil opkomstdatum	Weging verschil oogstdatum
Aardappel	2 (-)	1 (-/0)
Suikerbiet	2 (-)	1 (-/0)
Graan	1 (-/0)	2 (-)
Gras	0 (0)	0 (0)

De verschillen in opkomst- en oogstdatum zijn alleen gemodelleerd voor de hierboven beschreven gewassen. Om volledige dekking te verkrijgen over de alternatieven zijn overige gewassen ingedeeld op basis van veronderstelde overeenkomstigheid van groeipatroon en/of impact op de bedrijfsvoering. De indeling is gemaakt op basis van expert judgement door HNS, deze is opgenomen in Bijlage 1.

4.4.2. Analysemethode opwarming van de bodem

Om het effect te beschrijven is het criterium op onderstaande wijze onderzocht:

Tabel 28 – Criterium bodemopwarming

Criterium	Opwarming bodem
Impact:	<p>De impact van bodemopwarming komt met name tot uiting in verschil van groei. Opwarming van de bodem heeft voornamelijk impact op de bedrijfsvoering. Dit resulteert in de onderstaande onderscheidende factoren:</p> <ul style="list-style-type: none">• Gewogen gemiddelde dagen verschil in opkomst- en oogstdatum van beschouwde gewassen;• Tracélengte per gewas. <p>Alternatieven met meer tracélengte met gemiddeld meer gewogen dagen verschil in opkomst- en oogstdatum, en grotere verschillen in groei scoren daardoor lager.</p>
Analyse:	<p>De analyse is uitgevoerd in de onderstaande stappen:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Meting van lengte van leidingsegmenten zoals bepaald in Bijlage 5;2. Berekening van gewogen gemiddelde verschil in opkomst- en oogstdatum op basis van de resultaten in Bijlage 6, het aandeel van de casussen per leidingsegment en weging conform3. Tabel 27 per gewasindeling;4. Meting van tracélengte per gewasindeling van 3 opeenvolgende teeltjaren en per leidingsegment;5. Optelling per leidingsegment en per gewasindeling van de vermenigvuldiging van uitkomsten van stap 2 en stap 3;6. Het resultaat is de optelling van de uitkomsten per gewasindeling in stap 4. <p>Bij de analyse zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd:</p> <ul style="list-style-type: none">• De gewasindeling is vermeld in Bijlage 1. Overige gewassen, die niet zijn gemodelleerd, zijn ingedeeld bij één van de gemodelleerde gewassen op basis van door expert judgement veronderstelde overeenkomstigheid in groeipatroon en/of impact op de bedrijfsvoering;• Voor bepaalde gewassen is de impact op de bedrijfsvoering gering. De impact kan gering zijn doordat bijvoorbeeld gewasbestrijding niet plaats vindt, doordat oogst onafhankelijk is van de groeifase of doordat oogst gefaseerd plaats vindt. Deze gewassen zijn ingedeeld bij gewasindeling gras;• Doordat gewasindeling gras een wegingsfactor nul heeft voor zowel verschil in opkomstdatum als verschil in oogstdatum, is de uitkomst van stap 2 van de analyse voor gewasindeling gras nul. Opwarming van percelen met gewasindeling gras heeft daarom geen nadelige impact op de bedrijfsvoering en is daarom niet weergegeven bij de resultaten;• Gewaswaardering is geen onderdeel van deze analyse doordat economische schade geen onderdeel is van de beoordeelde impact;• Opwarming van de teelaarde is gering voor delen waar de leiding wordt aangelegd op grote diepte middels boringen. Boringen zijn niet beschouwd in de beoordeling;
Bron:	<p>BRO bodemkaart BRP gewaspercelen 2021, 2020 en 2019 Waarde indicatie gewassen door HNS (Bijlage 1) Expert judgement Deltares (Bijlage 5) Expert judgement WUR (Bijlage 6)</p>

4.4.3. Resultaten opwarming van de bodem

De resultaten van de beoordeling van het effect van opwarming van de bodem zijn samengevat in Tabel 29. Uit de resultaten van het deelgebied Eemshaven-Tjuchem volgt dat het N33-alternatief de kleinste tracélengte heeft in open ontgraving en door de beschouwde gewassen, resulterend in een positieve score. Het Basisalternatief heeft een relatief grote tracélengte door aardappelpercelen (hoger gemiddeld aantal dagen verschil in opkomst- en oogstdatum). Het Waterleidingalternatief heeft een relatief grote tracélengte in zowel percelen met suikerbieten (lager verschil) als percelen met graan (laagste verschil). De opwarming van de bodem langs beide alternatieven heeft daarmee een vergelijkbare impact op de agrarische bedrijfsvoering, beide alternatieven krijgen daarmee dezelfde neutrale score.

Het tracé Tjuchem-Delfzijl ligt voor respectievelijk 0,4 en 0,3 kilometer in aardappel- en suikerbienteelt. Als gevolg van de opwarming van de bodem ontstaat een verschil in opkomst- en oogstdatum van deze gewassen van gemiddeld respectievelijk 6,8 en 5,2 dagen. Het tracé ligt voor 2,9 kilometer in graanteelt, met een verschil in opkomst- en oogstdatum van 1,5 dagen.

Tabel 29 – Resultaten bodemopwarming

Alternatief	Aardappel Dagen / Lengte [km]	Suikerbiet Dagen / Lengte [km]	Graan Dagen / Lengte [km]	Resultaat	Afwijking [%]	Score
Basis	8,0 / 2,3	4,8 / 1,2	2,1 / 4,6	34,2	Referentie	0
Waterleiding	7,9 / 2,0	4,6 / 1,4	2,1 / 5,3	33,2	-2,8 %	0
N33	7,7 / 1,4	4,8 / 1,0	2,1 / 4,7	25,7	-24,6 %	+
Tjuchem-Delfzijl	6,8 / 0,4	5,2 / 0,3	1,5 / 2,9		n.v.t.	n.v.t.

4.5. Verzilting

4.5.1. Effectbeschrijving verziltingsrisico

Door de ontstaansgeschiedenis en ligging van het studiegebied is in delen van het gebied slechts een dunne zoetwaterlens aanwezig. Een zoetwaterlens is een zoetwatorvoorraad van minder dan één tot enkele meters dikke laag zoet grondwater boven zout grondwater. Zoet grondwater is essentieel voor de gewasgroei in de reguliere landbouw.

De diepte van het grensvlak tussen zoet en zout grondwater wordt grotendeels bepaald door de lokale bodemopbouw en kwelsituatie. Kwel is grondwater dat opwaarts door de bodem beweegt. Hoe meer kwel des te dunner de zoetwaterlens is.

Door bemaling tijdens leidingaanleg kan een zoetwaterlens worden aangetast. De zoetwatervoorraad wordt kleiner en kan mogelijk zelfs verdwijnen als zout grondwater naar het oppervlak wordt getrokken. Herstel van de zoetwaterlens naar de oorspronkelijke situatie kan enkele maanden tot jaren duren. Een kleine lens herstelt sneller doordat minder zout hoeft weggespoeld te worden door neerslagoverschot.

Door Acacia Water is een rapport met expert judgement opgesteld, deze is opgenomen in Bijlage 7. Hieruit blijkt dat het risico op verzilting gering is bij bemaling met behulp van een horizontale drain en zout grondwater dieper dan 10 meter. Op grote delen van de tracés ligt het zoet-zout vlak minder diep en op sommige delen zelfs minder diep dan 5 meter. In de rapportage van Acacia Water wordt de risico classificering van Tabel 30 aangehouden op basis van het effect van bemaling. Dit is de verandering van het grensvlak niveau. Doordat nog onvoldoende kennis beschikbaar is hoe de risicoklassen zich tot elkaar verhouden is er in overleg met Acacia Water voor iedere risicoklasse een wegingsfactor van 1,0 aangehouden.

Tabel 30 – Risico indeling verzilting

Benaming	Effect bemaling	Wegingsfactor	Omschrijving
Relatief laag	<1,5m	1,0	Beperkt risico op verzilting
Onzeker	~1,5m	1,0	Onzeker risico op verzilting
Relatief hoog	>1,5m	1,0	Hoog risico op verzilting

4.5.2. Analysemethode verziltingsrisico

Om het effect te beschrijven is het criterium onderstaande wijze onderzocht:

Tabel 31 - Criterium verzilting

Criterium	Verzilting
Impact:	<p>Door bemaling kan verzilting optreden. Hiervoor zijn de onderstaande onderscheidende factoren onderzocht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gewaswaardering geeft een indicatie van de potentiële economische schade, deze is groter bij gewassen met een hoge waardering; • Wegingsfactor voor het verziltingsrisico op basis van de lokale bodemopbouw en kwelsituatie; • Tracélengte als indicatie van de totale omvang van het risico op verzilting. <p>Alternatieven met hogere gewaswaardering, hogere verziltingsrisico en langere tracélengte scores daardoor lager.</p>
Analyse:	<p>Analyse is uitgevoerd in de onderstaande stappen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meting van tracélengte per gewaswaarderingsklasse; • Meting van tracélengte per risico klasse conform Bijlage 7; • Middeling van stap 1 en 2 naar gemeten tracélengte in stap 1; • Het resultaat is de vermenigvuldiging van gemiddelden van stap 3 met de totale gemeten tracélengte van stap 1; • Bepaling van de percentuele afwijking ten opzichte van het referentietracé en bijbehorende score op basis van het resultaat van stap 4.

Bij de analyse zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- Gewaswaardering is bepaald volgens de methodiek zoals vermeld in paragraaf 3.2.1;
- Mitigerende maatregelen zijn nog niet bepaald voor verzilting. Effect hiervan is niet mee genomen in de beoordeling;
- Bij boringen wordt alleen nabij in- en uittredepunt bemaling toegepast. Dit effect is echter niet bepaald. Boringen zijn niet meegenomen in de beoordeling.

Bron: BRP gewaspercelen 2022, 2021 en 2020
Waarde indicatie gewassen door HNS (Bijlage 1)
Expert judgement Acacia Water (Bijlage 7)

4.5.3. Resultaten verziltingsrisico

Het verziltingrisico voor de alternatieven is weergegeven in Figuur 16. Te zien is dat het risico overall hoog is op de delen waar de alternatieven variëren. Hierdoor wordt de beoordeling voornamelijk bepaald door de tracélengtes en gewaswaardering van de alternatieven.



Figuur 16 - Verziltingsrisico

De resultaten van de beoordeling zijn samengevat in Tabel 32. De resultaten van het deelgebied Eemshaven-Tjuchem zijn tot stand gekomen door analyse van de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gewaswaardering landbouwgewassen in open ontgraving: De gewaswaardering van het Waterleidingalternatief is ongeveer gelijk aan het Basisalternatief. Het N33-alternatief heeft een lagere gewaswaardering door een grotere tracélengte in grasland;
- Verziltingsrisico: De verschillen tussen de alternatieven zijn gering;
- Tracélengte door landbouwpercelen en in open ontgraving: Het verschil van het Waterleidingalternatief ten opzichte van het Basisalternatief is gering. Het tracé door landbouwpercelen van het N33-alternatief is langer.

Op basis van deze onderscheidende factoren zijn de verschillen tussen het Basisalternatief en het Waterleidingalternatief gering, resulterend in dezelfde neutrale score.

Voor het N33-alternatief is de tracélengte in open ontgraving door landbouwpercelen groter. Dit wordt gecompenseerd door een lagere gewaswaardering, resulterend in een neutrale score.

Het tracé Tjuchem-Delfzijl is geanalyseerd voor de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gemiddelde gewaswaardering van landbouwgewassen op tracédelen in open ontgraving: 4,5 doordat 49% van de totale tracélengte door landbouwpercelen bestaat uit grasland;
- Gemiddelde verziltingsrisico: 1,0 doordat het gehele tracé gelegen is in gebieden met gelijke weging van het verziltingsrisico;
- Lengte in landbouwpercelen in open ontgraving: 6,5 kilometer (65% van de totale tracélengte).

Tabel 32 – Resultaten verzilting

Alternatief	Gemiddelde gewaswaardering	Gemiddelde risico weging	Tracé lengte [km]	Resultaat	Afwijking [%]	Score
Basis	5,1	1,0	15,0	77	Referentie	0
Waterleiding	5,1	1,0	15,2	78	-1,5%	0
N33	4,5	1,0	16,5	74	-4,3%	0
Tjuchem-Delfzijl	4,5	1,0	6,5		n.v.t.	n.v.t.

5. Resultaten analyse agrarische waarden

Het doel van deze rapportage is beoordeling van de tracés op agrarische waarden door middel van openbaar beschikbare informatie en expert judgement. Dit maakt onderdeel uit van de bredere beoordeling en weging van de analyseresultaten door Gasunie. In dit hoofdstuk staan de resultaten van de analyse op agrarische waarden verwoord.

De weergave van de resultaten is opgesplitst in de deelgebieden Eemshaven-Tjuchem en Tjuchem-Delfzijl.

5.1. Deelgebied Eemshaven-Tjuchem

De resultaten van analyse op agrarische waarden zijn samengevoegd en weergegeven in Tabel 33. Het Basisalternatief dient als referentietracé en scoort neutraal op alle criteria. Onder de tabel zijn de resultaten ter conclusie samengevat.

Tabel 33 – Samenvatting resultaten

Criteria	Basisalternatief	Waterleidingalternatief	N33-alternatief
Tracélengte door landbouwpercelen	0	0	-
Tracélengte door akkerbouwpercelen	0	0	+
Aantal perceeleigenaren	0	0	0
Tracélengte door huiskavels	0	0/+	0/-
Bodemopbouw i.r.t. herstel	0	0	0/-
Bodemgebonden ziekten en plagen	0	0/+	++
Opwarming bodem	0	0	+
Verzilting	0	0	0

Tracélengte door landbouwpercelen

Binnen het criterium totale tracélengte heeft het Waterleidingalternatief een vrijwel vergelijkbare tracélengte gelegen in landbouwpercelen als het Basisalternatief, resulterend in dezelfde, neutrale score. De tracélengte door landbouwpercelen van het N33-alternatief is substantieel langer, resulterend in een negatieve score.

Tracélengte door akkerbouwpercelen

Voor het criterium tracélengte door akkerbouwpercelen heeft het Waterleidingalternatief wederom vrijwel vergelijkbare tracélengte gelegen in akkerbouwpercelen als het Basisalternatief, resulterend in dezelfde, neutrale score. De tracélengte door akkerbouwpercelen van het N33-alternatief is substantieel korter, resulterend in een positieve score

Aantal perceeleeigenaren

De verschillen tussen de alternatieven voor het criterium aantal perceeleeigenaren zijn gering, resulterend in een gelijke, neutrale score.

Tracélengte door huiskavels

Voor het criterium tracélengte door huiskavels heeft het Waterleidingalternatief de kortste tracélengte, resulterend in een licht positieve score. Het N33-alternatief heeft de langste tracélengte door huiskavels, resulterend in een licht negatieve score.

Bodemopbouw i.r.t. herstel

Het criterium Bodemopbouw i.r.t. herstel is beoordeeld op de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gewaswaardering landbouwgewassen: Voor het Waterleidingalternatief is de gewaswaardering gelijk aan het Basisalternatief. Het N33-alternatief heeft een lagere gewaswaardering door een grotere tracélengte in grasland.
- Structuurschade: Gelijk voor alle drie de alternatieven.
- Tracélengte door landbouwpercelen: Voor het Waterleidingalternatief is het verschil met het Basisalternatief beperkt. Het tracé van het N33-alternatief door landbouwpercelen is langer. Op basis van deze onderscheidende factoren krijgt het Waterleidingalternatief dezelfde neutrale score als het Basisalternatief. Het N33-alternatief is langer. Deze extra tracélengte wordt deels gecompenseerd door een lagere gewaswaardering. Dit resulteert in een licht negatieve score.

Bodemgebonden ziekten en plagen

Voor het criterium bodemgebonden ziekten en plagen heeft beoordeling plaats gevonden op de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gewaswaardering akkerbouwgewassen in open ontgraving: de verschillen tussen de alternatieven zijn gering.
- Aantal akkerbouwpercelen in open ontgraving: Het Waterleiding- en N33-alternatief scoren gelijk, het Basisalternatief kruist een groter aantal akkerbouwpercelen in open ontgraving.
- Tracélengte door akkerbouwpercelen in open ontgraving: Het verschil tussen het Basis- en Waterleidingalternatief is gering. Het N33-alternatief heeft de kortste tracélengte in open ontgraving door akkerbouwpercelen.

Op basis van deze onderscheidende factoren is het Waterleidingalternatief licht positief beoordeeld. Het N33-alternatief is sterk positief beoordeeld, door de geringere tracélengte in akkerbouwpercelen en een lagere impact op akkerbouwpercelen.

Opwarming bodem

Het criterium opwarming van de bodem is beoordeeld op basis van de tracélengte in open ontgraving, gelegen in de gewassen aardappel, suikerbiet en graan. Hierbij is het 'gemiddelde aantal dagen verschil in opkomst- en oogstdatum' voor deze gewassen, dat optreedt als gevolg van de opwarming van de bodem, gebruikt als wegingsfactor voor de impact van de opwarming

op de agrarische bedrijfsvoering. Een hoger gemiddeld aantal dagen verschil in opkomst- en oogstdatum, leidt tot een negatiever resultaat en een lagere beoordeling.

Het N33-alternatief heeft de kleinste tracélengte in open ontgraving door de beschouwde gewassen, resulterend in een positieve score.

Het Basisalternatief heeft een relatief grote tracélengte door aardappelpercelen (hoger gemiddeld aantal dagen verschil in opkomst- en oogstdatum). Het Waterleidingalternatief heeft een relatief grote tracélengte in zowel percelen met suikerbieten (lager verschil) al percelen met graan (laagste verschil). De opwarming van de bodem langs beide alternatieven heeft daarmee een vergelijkbare impact op de agrarische bedrijfsvoering, beide alternatieven krijgen daarmee dezelfde neutrale score

Verziltling

Voor het criterium verziltling heeft beoordeling plaats gevonden op de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gewaswaardering landbouwgewassen in open ontgraving: De gewaswaardering van het Waterleidingalternatief is ongeveer gelijk aan het Basisalternatief. Het N33-alternatief heeft een lagere gewaswaardering door een grotere tracélengte in grasland;
- Verzilttingsrisico: de verschillen tussen de alternatieven zijn gering.
- Tracélengte door landbouwpercelen en in open ontgraving: Het verschil van het Waterleidingalternatief ten opzichte van het Basisalternatief is gering. Het tracé door landbouwpercelen van het N33-alternatief is langer.

Op basis van deze onderscheidende factoren zijn de verschillen tussen het Basisalternatief en het Waterleidingalternatief gering, resulterend in dezelfde neutrale score.

Voor het N33-alternatief is de tracélengte in open ontgraving door landbouwpercelen groter. Dit wordt gecompenseerd door een lagere gewaswaardering, resulterend in een neutrale score.

5.2. Deelgebied Tjuchem-Delfzijl

De resultaten van de analyse-uitkomsten voor het tracé Tjuchem-Delfzijl zijn onderstaand samengevat.

Tracéligging

De totale tracélengte door landbouwpercelen bedraagt 6,8 kilometer. Dit is 66% van de totale tracélengte van 10,3 kilometer. Tracélengte door akkerbouwpercelen bedraagt 3,2 kilometer. Dit is 31% van het totaal.

In totaal kruist het tracé de percelen van 18 unieke perceeleigenaren.

2,7 Kilometer van de tracélengte is gelegen in huiskavels. Dit is 26% van de totale tracélengte.

Bodemopbouw i.r.t. herstel

Het criterium Bodemopbouw i.r.t. herstel is geanalyseerd op de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gemiddelde gewaswaardering landbouwgewassen: 4,6 doordat 52% van de tracélengte door landbouwpercelen bestaat uit grasland;
- Gemiddelde structuurschade: 1,7 als gevolg van relatief veel aanwezigheid van veen, katte- en knipklei. Dit betekent dat het tracé zeer gevoelig is voor structuurschade;
- Totale tracélengte gelegen in landbouwpercelen: 6,7 kilometer (65% van de totale tracélengte).

Bodemgebonden ziekten en plagen

Voor het criterium Bodemgebonden ziekten en plagen is analyse uitgevoerd op de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gemiddelde gewaswaardering van akkerbouwgewassen in de tracédelen in open ontgraving: 5,9 doordat 47% van de tracélengte door landbouwpercelen gelegen is in akkerbouwgrond ;
- Gemiddelde aantal akkerbouwpercelen per kilometer op tracédelen in open ontgraving: 6,8;
- Tracélengte door akkerbouwpercelen in open ontgraving: 3,2 kilometer (31% van de totale tracélengte).

Opwarming bodem

Uit de analyse van opwarming van de bodem volgt dat het tracé Tjuchem-Delfzijl voor respectievelijk 0,4 en 0,3 kilometer in aardappel- en suikerbietenteelt ligt. Als gevolg van de opwarming van de bodem ontstaat een verschil in opkomst- en oogstdatum van deze gewassen van gemiddeld respectievelijk 6,8 en 5,2 dagen. Het tracé ligt voor 2,9 kilometer in graanteelt, met een verschil in opkomst- en oogstdatum van 1,5 dagen.

Verzilting

Het criterium van verziltingsrisico is geanalyseerd op de onderstaande onderscheidende factoren:

- Gemiddelde gewaswaardering van landbouwgewassen op tracédelen in open ontgraving: 4,5 doordat 49% van de tracélengte door landbouwpercelen bestaat uit grasland;
- Gemiddelde verziltingsrisico: 1,0 doordat het gehele tracé gelegen is in gebieden met gelijke weging van het verziltingsrisico;
- Lengte in landbouwpercelen in open ontgraving: 6,5 kilometer (65% van de totale tracélengte).

Referenties

Fischer, C. E. (2011). *Landbouw Effect Rapport Buizenzone Eemsdelta*. Grondmij.

Mulder, G. S. (2023). *LER Oostpolder*. Royal Haskoning DHV.

Rotterdam Engineering. (2018). *Haalbaarheidsonderzoek leidingroutes Garmerwolde - Eemshaven*. Rotterdam Engineering.

Rotterdam Engineering. (2020). *Tracéonderzoek industriewatertransportleiding Garreweer - Farmsum*. Rotterdam Engineering.

Rozema, M. d. (2020). *Landbouw Effect Rapportage N33 Midden*. SWECO.

Bijlagen

Bijlage 1 Gewaswaarderingstabel

Bijlage 2 Methodiek Kadaster

Bijlage 3 Overzichtskaarten

Bijlage 4 Expert judgement indeling bodemeenheden

Bijlage 5 Rapport warmteafdracht Waterstofleiding

Bijlage 6 Invloed waterstofleiding op gewasopbrengst

Bijlage 7 Rapportage verziltingsonderzoek Eemshaven-Delfzijl

Bijlage 8 Notitie Kwalitatief oordeel verschil opkomstdata en oogstdata

Bijlage 1

Gewaswaarderingstabel

Gewas indelingen

Beschrijving	Code	Tarief	Klasse	Indeling groei*
Aardappelen, consumptie	2014	€ 0,93	3	Aardappel
Aardappelen, poot NAK	2015	€ 0,85	3	Aardappel
Aardappelen, zetmeel	2017	€ 0,63	2	Aardappel
Agrarisch natuurmengsel	1926	€ 0,26	1	Gras
Bieten, suiker-	256	€ 0,60	2	Suikerbiet
Bieten, voeder-	257	€ 0,60	2	Suikerbiet
Bonen, tuin- (groen te oogsten)	854	€ 0,28	1	Graan
Gerst, winter-	235	€ 0,31	1	Graan
Gerst, zomer-	236	€ 0,31	1	Graan
Grasland, blijvend	265	€ 0,26	1	Gras
Grasland, natuurlijk. Hoofdfunctie landbouw.	331	€ 0,26	1	Gras
Grasland, tijdelijk	266	€ 0,26	1	Gras
Graszoden	1921	€ 0,36	1	Gras
Haver	238	€ 0,21	1	Graan
Koolzaad, winter (incl. boterzaad)	1922	€ 0,28	1	Graan
Luzerne	258	€ 0,36	1	Gras
Maïs, snij-	259	€ 0,40	1	Graan
Overige groenbemesters, niet-vlinderbloemige-	427	€ 0,26	1	Gras
Overige groenbemesters, vlinderbloemige-	426	€ 0,26	1	Gras
Rand, grenzend aan bouwland, hoofdzakelijk bestaand uit blijvend gras	334	€ 0,26	1	Gras
Rand, grenzend aan bouwland, hoofdzakelijk bestaand uit een ander gewas dan gras.	3804	€ 0,26	1	Gras
Rand, grenzend aan bouwland, hoofdzakelijk bestaand uit tijdelijk gras	372	€ 0,26	1	Gras
Stamsperziebonen (=stamslabonen), productie	2779	€ 0,28	1	Graan
Tarwe, winter-	233	€ 0,35	1	Graan
Tarwe, zomer-	234	€ 0,35	1	Graan
Tijdelijk onbeteelde grond, anders dan voor publieke werken	3802		1	Gras
Tijdelijk onbeteelde grond, i.v.m. publieke werken	3801		1	Gras
Tulp, bloembollen en -knollen	1004	€ 1,00	3	Aardappel
Uien, gele zaai-	6660	€ 1,10	3	Aardappel
Uien, zaai-	262	€ 1,10	3	Aardappel
Vaste planten, open grond,	1080	€ 0,20	1	Gras
Westerwolds raaigras	3513	€ 0,26	1	Gras
Zonnebloemen	515	€ 0,11	1	Graan

*Groei indeling is ten behoeve van beoordeling impact van opwarming van de bodem. Verschil in opkomst- en oogstdatum is alleen gemodelleerd voor de gewassen Aardappel, Suikerbiet, Graan en Gras. Om volledige dekking te verkrijgen over de alternatieven zijn overige gewassen ingedeeld op basis van veronderstelde overeenkomstigheid van groeipatroon en/of impact op bedrijfsvoering. De indeling is gemaakt op basis van expert judgement door HNS.

Bijlage 2

Methodiek Kadaster

Toelichting levering Huiskavels en Percelen Waterstofleiding Noordoost Groningen

Er zijn twee bestanden in shape-format geleverd:

- Percelen waterstofleidingtracé Eemshaven-Delfzijl
- Huiskavel waterstofleiding Eemshaven-Delfzijl

Beide bestand zijn gebaseerd op de BasisRegistratie Kadaster (BRK) met als actualiteitsdatum september 2023.

De opbouw van deze bestanden ziet er als volgt uit:

Percelen waterstofleidingtracé Eemshaven-Delfzijl

Veld	Omschrijving	Betekenis
IDperceel	Identificatienummer perceel	Unieke kadastrale identificatiecode per perceel
NRperceel	Kadastrale aanduiding perceel	Codering van kadastrale gemeente (positie 1-5), sectie (positie 6-7), perceelsnummer (positie 8-12) en soort perceel met volgnr (positie 13-17)
NReigenaar	Nummer eigenaar	Volgnummer per unieke eigenaar; hetzelfde volgnummer is dezelfde eigenaar; hiervoor is de belangrijkste rechthebbende van het perceel bepaald (zie onder)
TYeigenaar	Type eigenaar	Typering van de eigenaarsoort
NTBO	Natuur/Terreinbeherende organisatie	Is de eigenaar een natuur- cq. terreinbeherende organisatie (zoals provinciaal landschap, natuurmonumenten, staatsbosbeheer, zie onder)

Huiskavels waterstofleidingtracé Eemshaven-Delfzijl

Veld	Omschrijving	Betekenis
NReigenaar	Nummer eigenaar	Volgnummer per unieke eigenaar; hetzelfde volgnummer is dezelfde eigenaar; hiervoor is de belangrijkste rechthebbende van de kavel bepaald (zie onder)
Oppervlak	Bedrijfskaveloppervlakte	Som van de kadastrale perceelsoppervlakte van de percelen die samen één bedrijfskavel (zie onder) vormen

Bepaling belangrijkste rechthebbende

Voor de bepaling welke eigenaar als belangrijkste rechthebbende wordt beschouwd, zijn twee dingen van belang:

1. Als er meer dan één zakelijk recht op een perceel rust: welk zakelijk recht prevaleert?
2. Als er meer dan één rechthebbende is bij dat prevalerende zakelijk recht: welke rechthebbende prevaleert?

Bij 1. gaat het erom wie het genot heeft van het perceel. Voor de bepaling van het belangrijkste genot geldt de volgende volgorde van rechten, waarbij de eerstgenoemde het meeste genot heeft en de

laatstgenoemde het minst (dat recht wordt het meest beperkt door de eerder genoemde genotsrechten):

Beklemrecht – Stadsmeierrecht – Erfpacht – Erfpacht en opstal – Opstal – Gebruik en/of bewoning – Vruchtgebruik – Eigendom.

Bij 2. gaat het erom welke rechthebbende het meeste zeggenschap heeft binnen het recht. Dat is de eigenaar met het grootste aandeel in het recht. Als alle rechthebbenden een gelijk aandeel hebben, gaan natuurlijke personen voor op niet-natuurlijke personen. Als er meer dan één natuurlijke personen zijn, dan wordt de oudste in leeftijd (mits in leven) gekozen. Als er dan nog steeds geen keuze uitkomt, dan wordt willekeurig één van de natuurlijke personen gekozen. Als er meer dan één niet-natuurlijke personen (en geen natuurlijke personen) zijn, dan wordt willekeurig één van niet-natuurlijke personen gekozen.

Bepaling huiskavel

Percelen met dezelfde belangrijkste rechthebbende worden geclusterd tot één eigendomscomplex. Eigendomscomplexen van natuurlijke personen of maatschappen die op hetzelfde adres wonen/gevestigd zijn (PHT-code) worden vervolgens geclusterd tot één bedrijfscomplex. Voor bepaling van de belangrijkste rechthebbende van het bedrijfscomplex wordt de volgende volgorde gehanteerd: maatschap – man – vrouw. Eigendomscomplexen van overheden en natuurinstanties worden verwijderd, evenals bedrijfscomplexen die kleiner zijn dan één ha. De overgebleven bedrijfscomplexen worden vervolgens gesplitst in clusters die elkaar geografisch niet raken, de zgn. bedrijfskavels. De perceelsoppervlakten binnen een bedrijfskavel worden gesommeerd tot een bedrijfskaveloppervlakte.

Vervolgens wordt bepaald of op deze kavel volgens de kadastrale kaart (DKK) een hoofdgebouw aanwezig is. Als dat het geval is, wordt de bedrijfskavel aangemerkt als huiskavel.

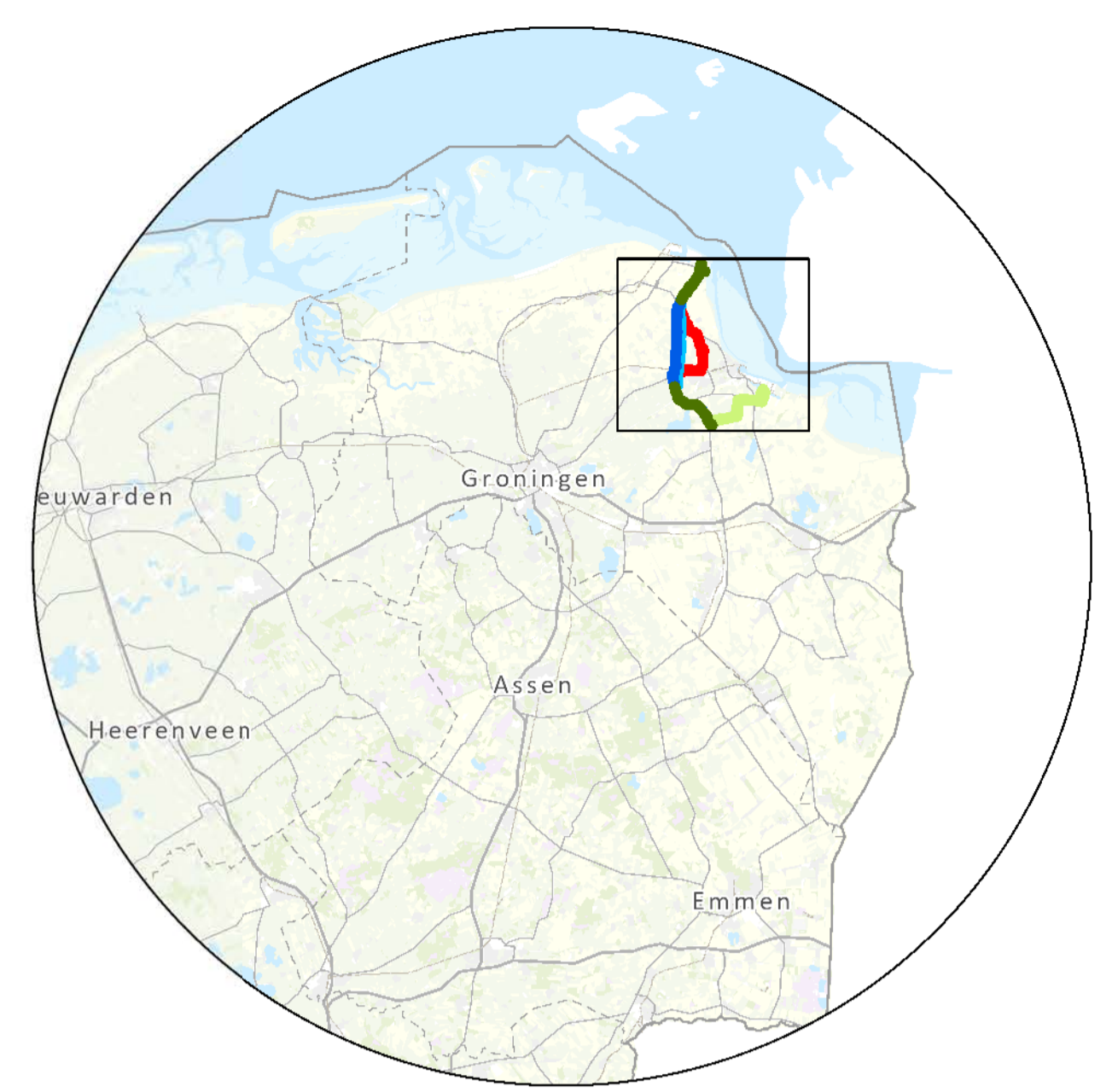
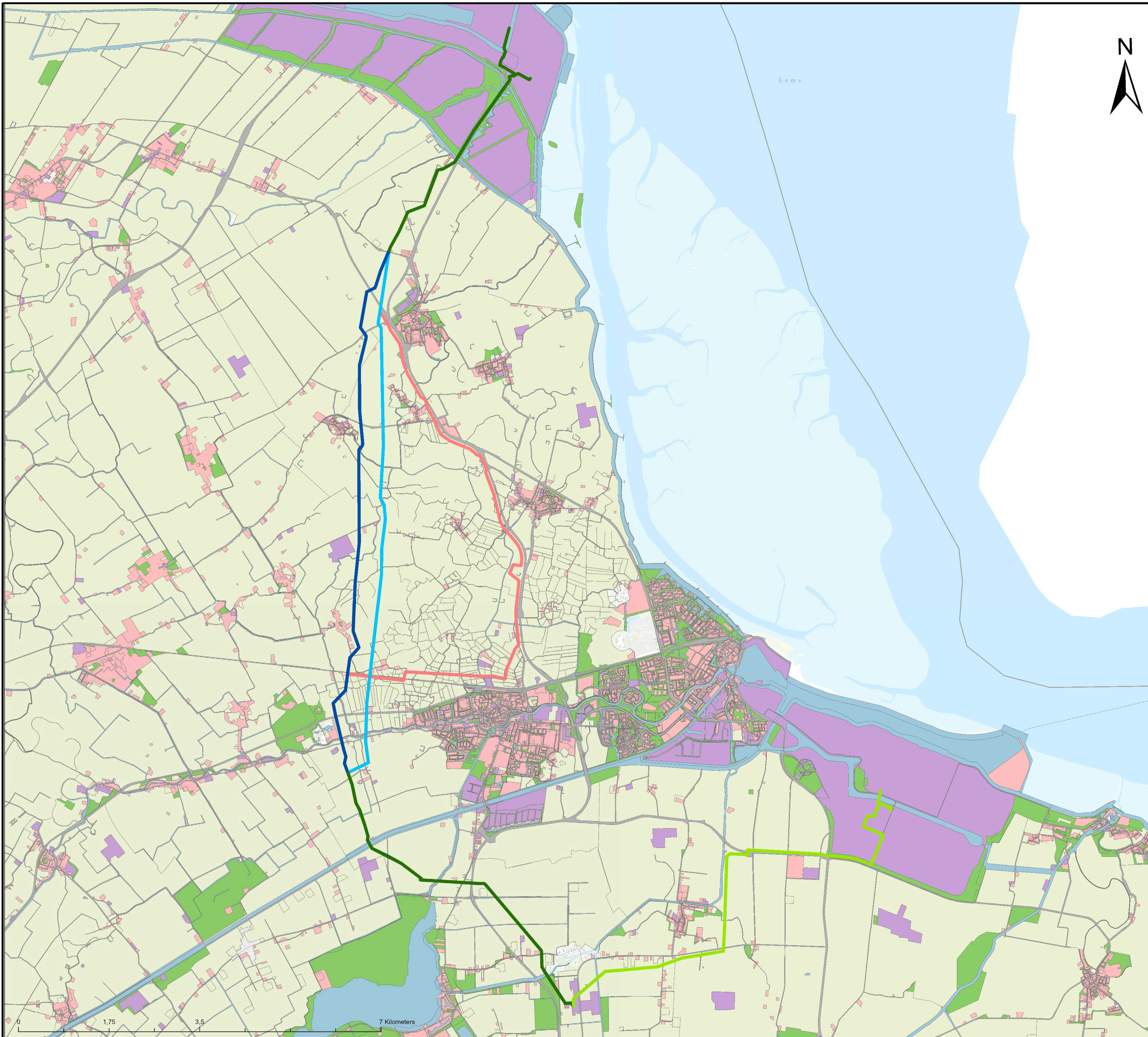
Tenslotte worden de huiskavels geselecteerd die groter zijn dan 1 ha. Huiskavels die geen overlap vertonen met landbouwkundig in gebruik zijnde percelen (bestand referentiepercelen), zijn tenslotte verwijderd.

Natuur- cq. terreinbeherende organisaties

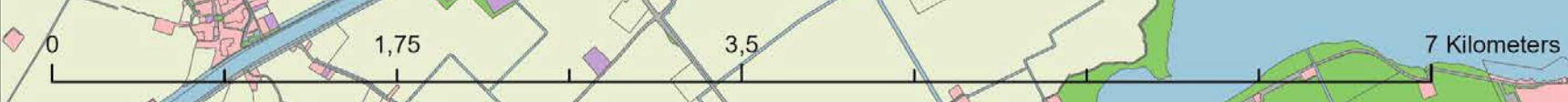
Hiervoor is een lijst van natuurinstanties gebruikt die het Kadaster beheert; dit is echter geen kerntaak van het Kadaster. De lijst wordt incidenteel herzien waardoor niet gegarandeerd kan worden dat de indicatie of een eigenaar een natuurterreinbeherende organisatie is geheel sluitend is.


Bijlage 3

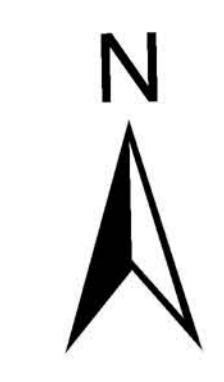
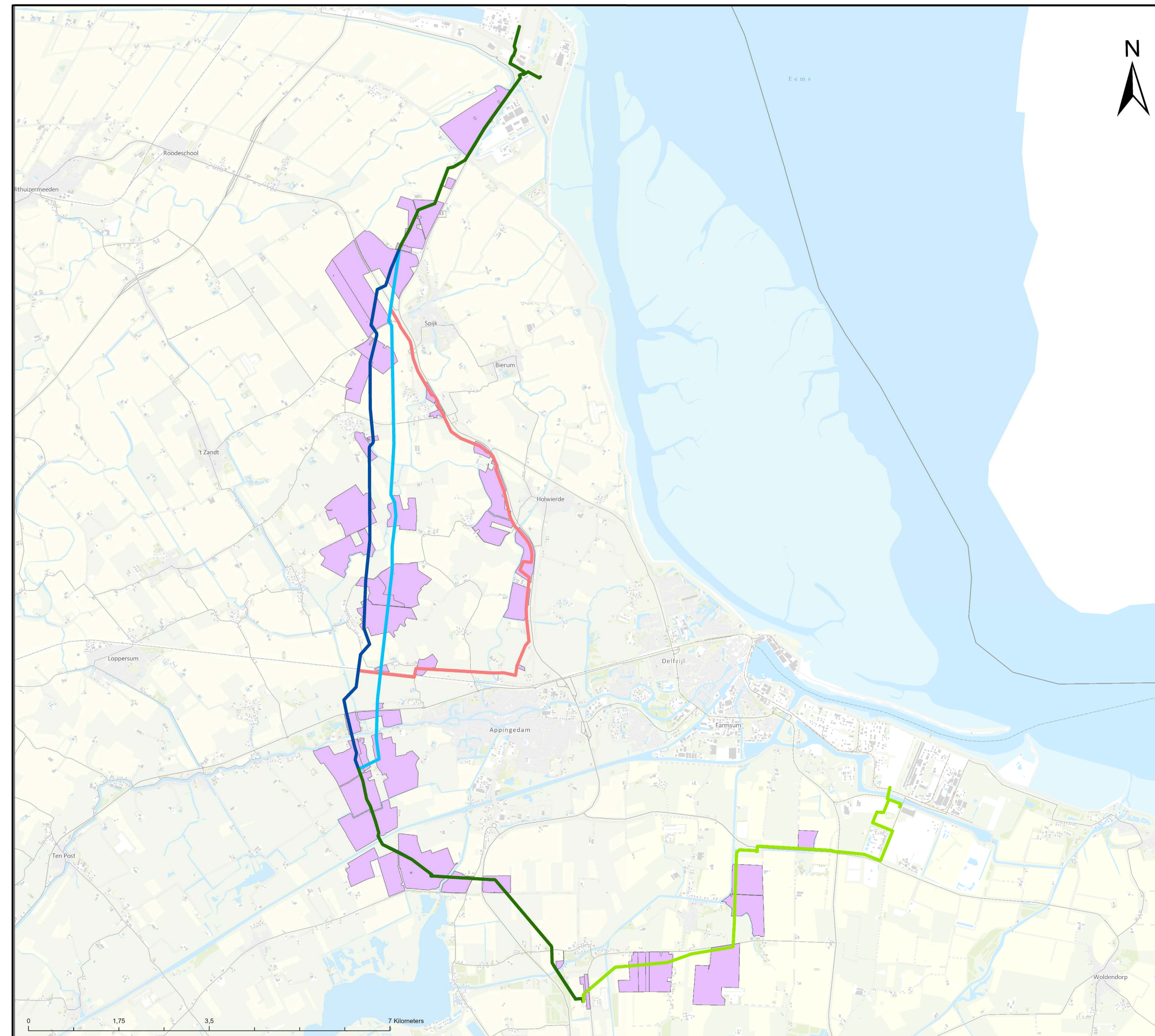
Overzichtskaarten



- Deelgebied Tjuchem-Delfzijl**
- Tjuchem-Delfzijl
- Deelgebied Eemshaven-Tjuchem**
- Overeenkomstig trace
 - Basisalternatief
 - Waterleidingalternatief
 - N33-alternatief
 - Tjuchem-Delfzijl
- Enkelbestemming**
- Agrarisch
 - Bedrijf of industrie
 - Bos, natuur en groen
 - Overig
 - Verkeer
 - Water
 - Wonen, werken en recreatie



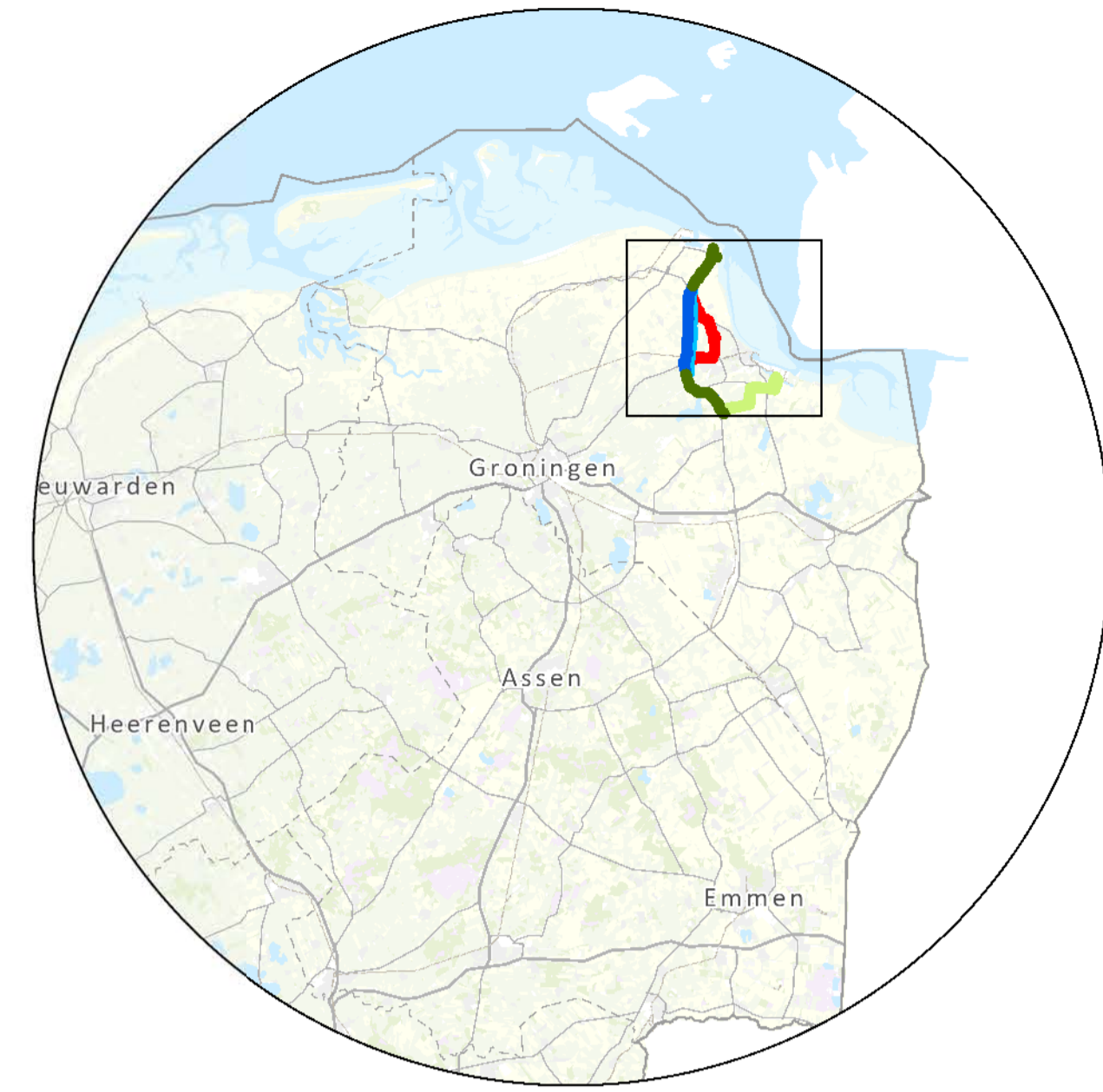
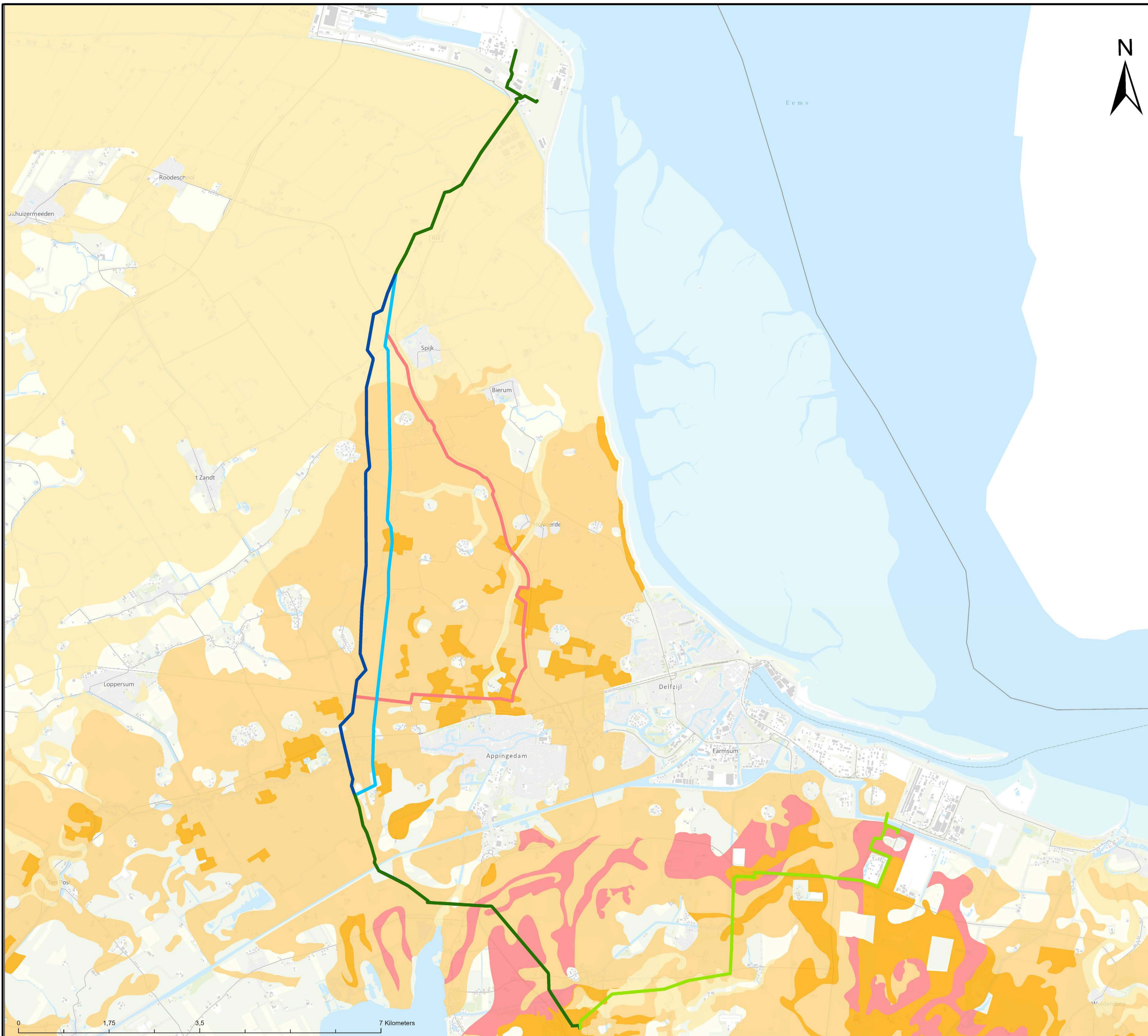
E					
D					
C					
B					
A	Ter info		GST	JSL	20-03-24
Verz:	Omschrijving		Get.	Get.	Datum
Overzichtskaart Enkelbestemming					
Projectcode: 452496	Schaal: 1:25.000	Status: Concept	Formaat: A1	Kaartnummer:	Blz.: 4




- Deelgebied Tjuchem-Delfzijl
- Tjuchem-Delfzijl
- Deelgebied Eemshaven-Tjuchem
- Overeenkomstig trace
- Basisalternatief
- Waterleidingalternatief
- N33-alternatief
- Huiskavels
- Huiskavel

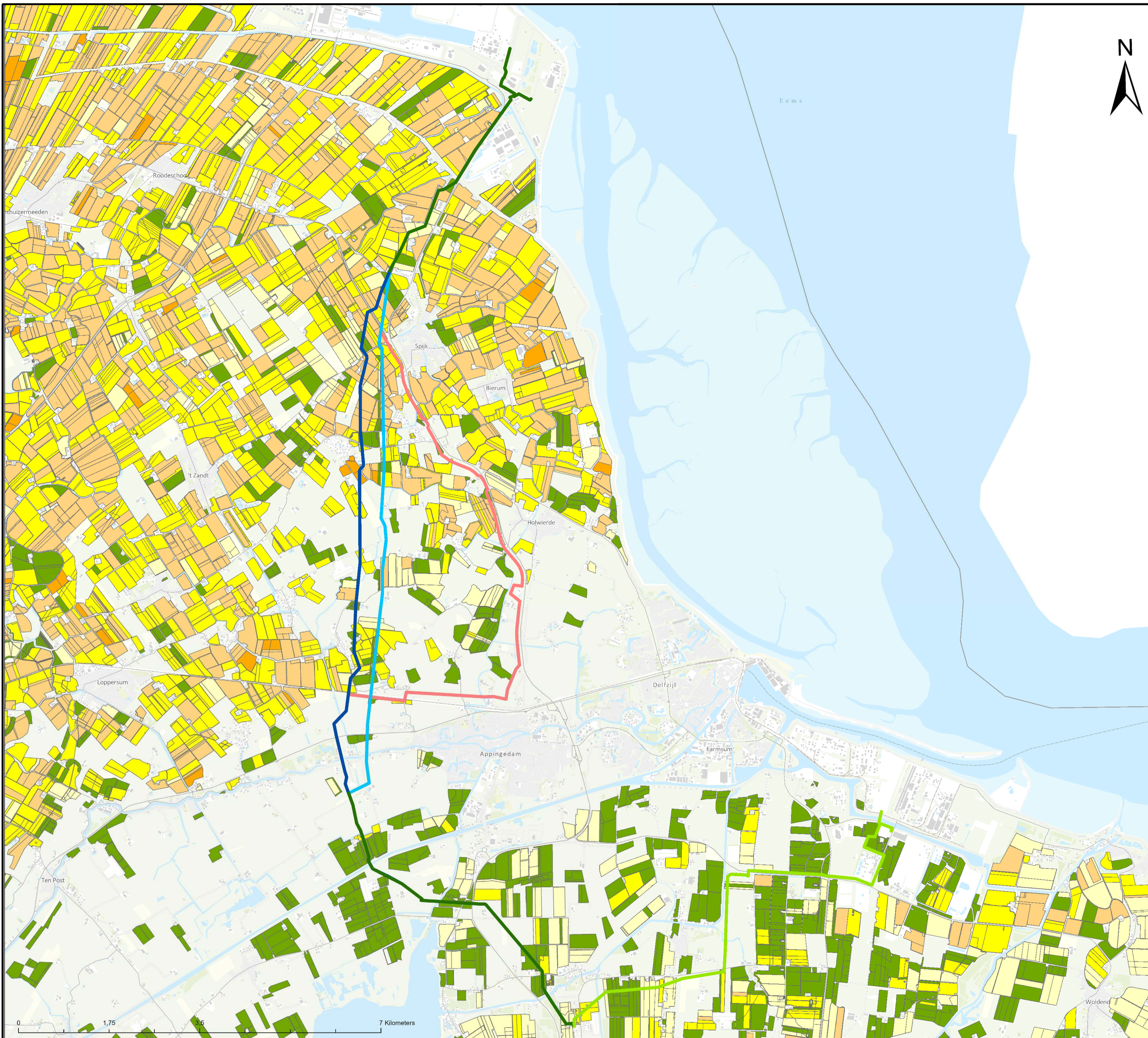


E					
D					
C					
B					
A	Ter info		GST	JSL	20-03-24
Versie	Overschrijving		Get.	Get.	Datum
Overzichtskaart Huiskavels					
WNG, HyNetwork Services					
Projectcode: 602496	Schaal: 1:25.000	Status: Definitief	Formaat: A1	Kaartnummer:	Blz.: 1



- Deelgebied Tjuchem-Delfzijl**
- Tjuchem-Delfzijl
- Deelgebied Eemshaven-Tjuchem**
- Overeenkomstig trace
 - Basisalternatief
 - Waterleidingalternatief
 - N33-alternatief
- Wegingsfactor gevoeligheid structuurschade**
- 1.25
 - 1.50
 - 1.75
 - 2.00

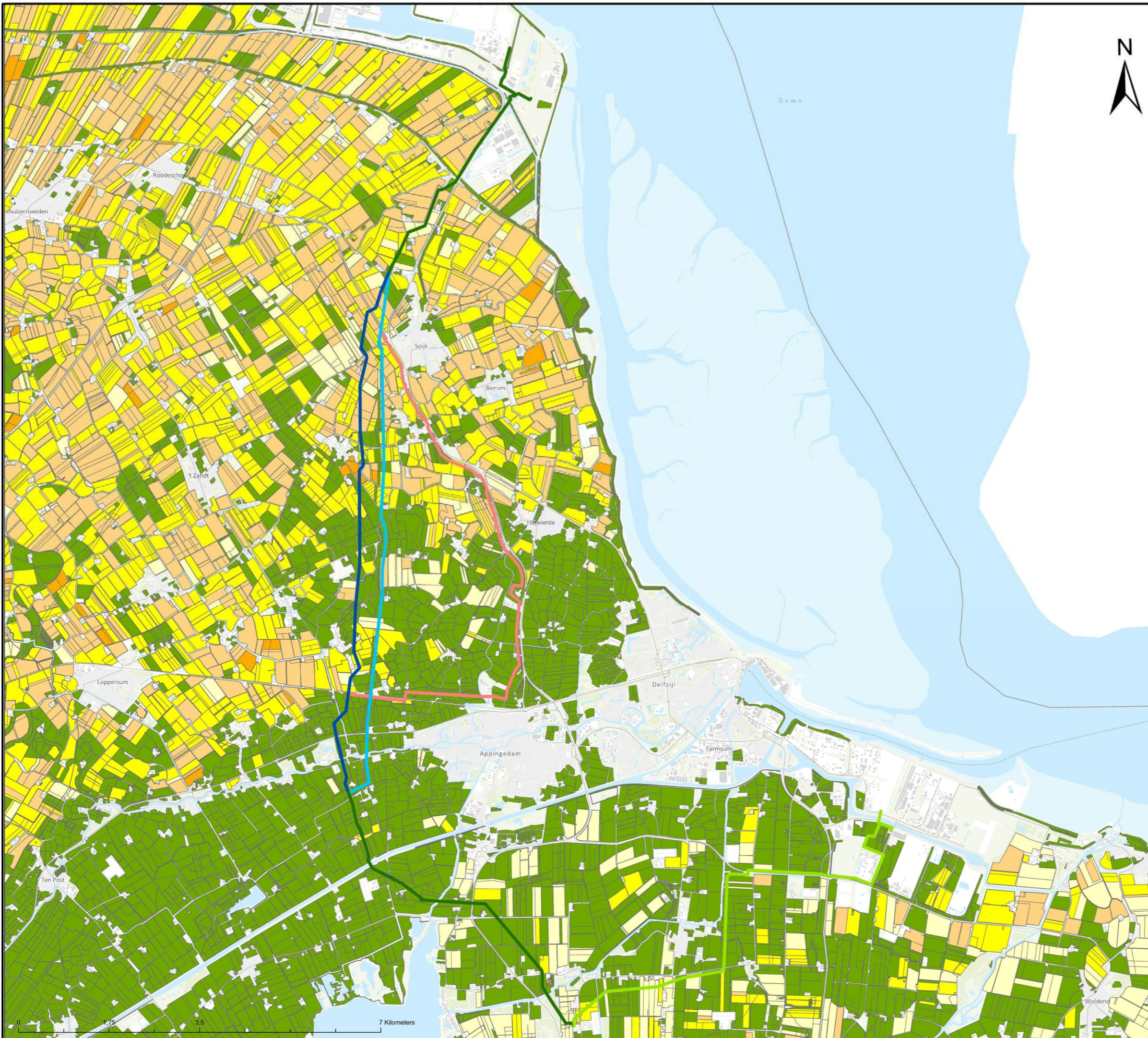
E				
D				
C				
B				
A	Ter info	GST	JSL	20-03-24
Versie	Omschrijving	Get.	Get.	Datum
Overzichtskaart gevoeligheid structuurschade WNG, HyNetwork Services				
Projectcode: 422096	Schaal: 1:25.000	Status: Definitief	Formaat: A1	Kaartnummer: A




- Deelgebied Eemshaven-Tjuchem**
- Overeenkomstig trace
 - Basisalternatief
 - Waterleidingalternatief
 - N33-alternatief
- Deelgebied Tjuchem-Delfzijl**
- Tjuchem-Delfzijl
- Gewaswaardering akkerbouw**
- 3
 - 4
 - 5
 - 6 of 7
 - 8 of 9



E				
D				
C				
B				
A	Ter info		GST	JSL
Versie: Omschrijving:			Get.	Get.
Overzichtskaart gewaswaardering akkerbouw WNG, HyNetwork Services				
Projectcode: 452496	Schaal: 1:25.000	Status: Definitief	Formaat: A1	Kaartnummer: 1
				Avc: 4



- Deelgebied Eemshaven-Tjuchem**
- Overeenkomstig trace
 - Basialternatief
 - Waterleidingalternatief
 - N33-alternatief
- Deelgebied Tjuchem-Delfzijl**
- Tjuchem-Delfzijl
- Gewaswaardering landbouw**
- 3
 - 4
 - 5
 - 6 of 7
 - 8 of 9

E					
D					
C					
B					
A	Ter info		GST	JSL	20-03-24
Werk	Omschrijving		Gr.	Sec.	Datum
Overzichtskaart gewaswaardering landbouw WNG, HyNetwork Services					
Projectcode: 822098	Schaal: 1:25.000	Status: Definitief	Projectnr: AT	Kaartnummer:	Bladz.: A

Bijlage 4

Expert judgement indeling bodemeenheden



Bureaustudie indeling bodemeenheden WNG

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

projectnummer 0489791.100
definitief revisie 00
20 december 2023

Bureaustudie indeling bodemeenheden WNG

projectnummer 0489791.100
documentnummer 489791-BS-02
definitief revisie 00
20 december 2023

Auteur

P. Postma

Opdrachtgever

Re Rotterdam Engineering B.V.
Vasteland 78
3011 BN ROTTERDAM

Gecontroleerd

W. Bakker

datum

20 december 2023

beschrijving

definitief

vrijgave

L. de Jong-van Twisk

LJT

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Algemeen	4
1.2	Leeswijzer	4
2.	Methodiek	5
2.1	Algemene toelichting	5
3.	Cultuurtechnisch relevante aspecten	6
3.1	Stevigheid bovengrond	6
3.2	Knippig	6
3.3	Plaatselijk katteklei	6
3.4	Ongerijpte ondergrond	6
3.5	Veen in ondergrond	6
4.	Classificatie en wegingsfactor	7
4.1	Classificatie	7
4.2	Cultuurtechnische wegingsfactor	7
4.3	Overzicht	7

Bijlage 1 Overzicht cultuurtechnische aspecten en classificatie WNG

1. Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van Rotterdam Engineering B.V. heeft Antea Group een bureaustudie uitgevoerd met betrekking tot het categoriseren van de bodemeenheden ter plaatse van de tracés van het WNG project. De indelingscriteria zijn gebaseerd op de cultuurtechnische gevoeligheid van de bodem ten aanzien van de aanleg van leidingen in open ontgraving.

In onderstaande afbeelding zijn de WNG tracés met rode lijnen weergegeven.



Afbeelding 1.1: Topografische ligging van de WNG tracés (rode lijnen)

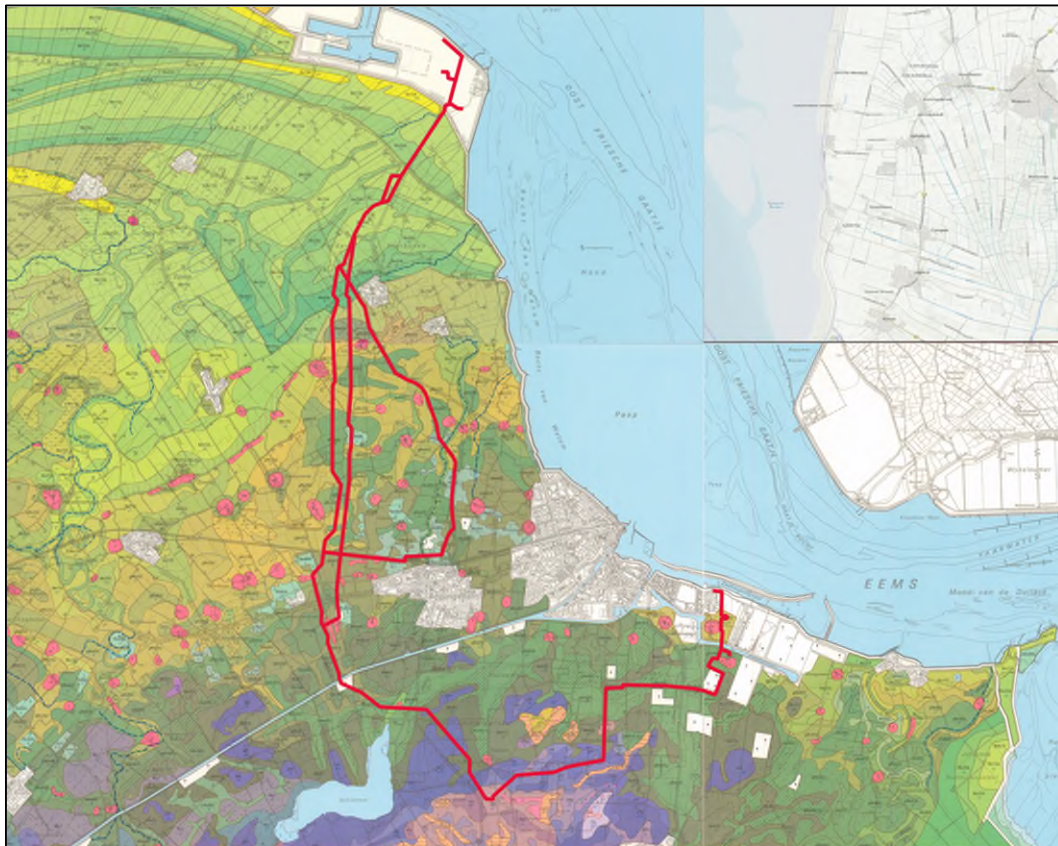
1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt in het kort de toegepaste methode en de gebruikte gegevens beschreven en in hoofdstuk 3 komen de cultuurtechnisch relevante aspecten met de bijbehorende waarderingen aan de orde. In hoofdstuk 4 wordt de classificatie en de cultuurtechnische wegingsfactor uitgewerkt.

2. Methodiek

Op basis van de (digitale) Bodemkaart van Nederland en de toelichting bij de betreffende kaartbladen is de bodemsoort (bodemcode) met de bijbehorende grondwatertrappen geïnventariseerd. Vervolgens zijn de bodemsoorten beoordeeld op de relevante cultuurtechnische aspecten waaraan een waardering is gekoppeld. Per bodemsoort zijn de cultuurtechnische waarderingen opgeteld en is de bodemsoort geclassificeerd. De resultaten zijn in bijlage 1 bijgevoegd. In de hier gehanteerde opzet is geen rekening gehouden met het actuele bodemgebruik of het eventueel toepassen van grondverbetering rondom de leidingen. Overige in de bodemkaart genoemde onderscheidingen zoals: Opgehoogd of opgespoten (↑), terpen/oude bewoningsplaatsen (T), water en moeras en bebouwde kommen zijn niet nader beschouwd en hebben in de classificering een 0 gekregen.

In afbeelding 2.1 zijn de WNG tracés met een rode lijnen weergegeven op de Bodemkaart van Nederland.



Afbeelding 2.1: De WNG tracés (rode lijnen) geprojecteerd op de Bodemkaart van Nederland

2.1 Algemene toelichting

Voor de beschrijving van de tracés is gebruik gemaakt van de Bodemkaart van Nederland, Blad 3 West en Oost Uithuizen (1987) en Blad 7 Oost Groningen en 8 Nieuweschan (1986).

De in 2013/2014 doorgevoerde actualisatie bodemkaart veengebieden¹ is in deze bureaustudie verwerkt maar omdat de betreffende Bodemkaarten in de periode 1986-1987 zijn uitgegeven kan het zijn dat de huidige bodemopbouw en de grondwatertrappen afwijken van hetgeen in de Bodemkaart van Nederland wordt beschreven. De bodemkaart van Nederland geeft in het algemeen bodembeschrijvingen tot 1,20 m diepte zodat de diepere ondergrond (> 1,20 m -mv) niet in de beoordeling is meegenomen.

¹ Actualisatie bodemkaart veengebieden; Alterra-rapport 2556 ISSN 1566-7197

3. Cultuurtechnisch relevante aspecten

3.1 Stevigheid bovengrond

Deze is gebaseerd op aanhangsel 3 van de betreffende Bodemkaart van Nederland. Wanneer de Bodemkaart van Nederland klasse 3 (of deels klasse 3) aangeeft in de kolom "stevigheid bovengrond" dan betekent dit dat het om een bovengrond gaat die sterk gevoelig is voor vertrapping bij beweiden en voor insporing bij berijden. Bodemsoorten die een slechte draagkracht hebben worden met een **1** gewaardeerd in de kolom "Stevigheid bovengrond" in bijlage 1 "Overzicht cultuurtechnische aspecten en classificatie WNG".

3.2 Knippig

Kleigronden met knippige eigenschappen zijn zwel- en krimpgevoelig en zijn gevoelig voor verslemping. In blijvend grasland hebben deze gronden in het algemeen een dunne toplaag (zodelaag). Over het algemeen geldt voor knippige gronden dat ze moeilijker te bewerken zijn en dat het lastiger is om de gronden in de oorspronkelijke staat te herstellen. Bodemsoorten met knippige eigenschappen worden in de betreffende kolom in bijlage 1 met een **1** gewaardeerd.

3.3 Plaatselijk kattenklei

Kattenklei is een klei met zure eigenschappen die kan ontstaan wanneer pyriet (FeS_2) oxideert en er geen of onvoldoende koolzure kalk aanwezig is. Vanwege de zure eigenschappen wil er bijna niets op groeien. Cultuurtechnisch betekent dit dat grond met kattenklei strikt gescheiden moet worden gehouden van de teelaarde en dat blijvende cultuurtechnische schade ontstaat wanneer kattenklei wordt vermengd met de teelaarde. Bodemsoorten met kattenklei in de ondergrond worden in bijlage 1 in de kolom "Plaatselijk kattenklei" met een **1** gewaardeerd.

3.4 Ongerijpte ondergrond

Hieronder worden gerekend de kleigronden die een niet gerijpte minerale ondergrond hebben die binnen 0,80 m diepte begint. Deze gronden hebben een slechtere sleufstabiliteit en naar verwachting een groter grondtekort welke zal moeten worden opgeheven tijdens het cultuurtechnisch herstellen van de percelen. Tijdens het ontgraven van de sleuf/werkput dient de gerijpte en ongerijpte grond gescheiden van elkaar te worden opgeslagen en bij het dichten weer in afzonderlijke lagen te worden teruggezet. Bodemsoorten met een ongerijpte ondergrond worden in de betreffende kolom in bijlage 1 met een **1** gewaardeerd.

3.5 Veen in ondergrond

Gronden met een (dikkere) laag veen in de ondergrond hebben een slechtere sleufstabiliteit en een groter grondtekort welke zal moeten worden opgeheven tijdens het cultuurtechnisch herstellen van de percelen. Tijdens het ontgraven van de sleuf/werkput dient het te ontgraven veen gescheiden te worden opgeslagen en bij het dichten weer in een afzonderlijke laag te worden teruggezet. Bodemsoorten met een dikkere laag veen in de ondergrond worden in bijlage 1 in de kolom "Veen in ondergrond" met een **1** of een **2** gewaardeerd. De waardering **2** is van toepassing als (kleiig)veen ondiep in het profiel begint en doorloopt tot dieper dan 1,20 m - mv. Overige gronden met veen in de ondergrond hebben de waardering **1**.

4. Classificatie en wegingsfactor

4.1 Classificatie

In de laatste kolom "Classificatie" van bijlage 1 "Overzicht cultuurtechnische aspecten en classificatie WNG" zijn de hierboven beschreven waarderingen van de relevante cultuurtechnische aspecten opgeteld en met **1** verhoogd. De op deze wijze verkregen classificatie geeft een indicatie van de cultuurtechnische gevoeligheid. Hierbij geldt dat hoe hoger het cijfer is hoe hoger de cultuurtechnische gevoeligheid is.

De overige in de bodemkaart genoemde onderscheidingen zoals: Opgehoogd of opgespoten (↑), terpen/oude bewoningsplaatsen (T), water/moeras en bebouwde kommen zijn niet nader cultuurtechnische beschouwd en hebben in de classificering een **0** gekregen. Het is heel goed mogelijk dat deze tracédelen uit praktische overwegingen (bebouwing of water en moeras) of vanwege de regelgeving (archeologische beperkingen bij terpen/oude bewoningsplaatsen) niet in open ontgraving worden gekruist.

Op basis van bijlage 1 zijn er vijf classificaties te onderscheiden, namelijk als volgt:

- 0: Overige
- 1: Cultuurtechnisch relatief ongevoelig
- 2: Cultuurtechnisch matig gevoelig
- 3: Cultuurtechnisch gevoelig
- 4: Cultuurtechnisch zeer gevoelig

4.2 Cultuurtechnische wegingsfactor

Door ook een cijfer in de vorm van een cultuurtechnische wegingsfactor toe te kennen aan de classificaties, wordt het onderling belang van de verschillende classificaties bepaald. Een hoger cijfer betekent een cultuurtechnisch gevoeliger bodem (oftewel negatiever vanuit cultuurtechnisch oogpunt) ten aanzien van de aanleg van leidingen in open ontgraving.

De cultuurtechnische wegingsfactoren zijn als volgt:

- Cultuurtechnisch relatief ongevoelig: 1,00
- Cultuurtechnisch matig gevoelig: 1,25
- Cultuurtechnisch gevoelig: 1,50
- Cultuurtechnisch zeer gevoelig: 1,75

4.3 Overzicht

De bovengenoemde classificaties en cultuurtechnische wegingsfactoren leiden tot het onderstaand overzicht voor de betreffende bodemeenheden voor het aanleggen van leidingen in open ontgraving voor de WNG tracés:

Bodemeenheid	Classificatie	Cultuurtechnische wegingsfactor
kWp, Mn15A, Mn 15C, Mn25A, Mn35A, Mn45A, Mn85C, Sn13A	Cultuurtechnisch relatief ongevoelig	1,00
gMn15C, gMn25C, gMn53C, gMn58C, gMn83C, gMn85C, gMn88C, kMn48C, kMn63C, kMn68C, kVz, Mv41C, pMv81, pVz, vWp	Cultuurtechnisch matig gevoelig	1,25
gMn83C-III, gMn88Cl, hVz, Mo80A, Mo80C, Mv41Cl, pVzl	Cultuurtechnisch gevoelig	1,50
gMn88Clv, pVs, pVsl	Cultuurtechnisch zeer gevoelig	1,75

**Bijlage 1 Overzicht cultuurtechnische aspecten
en classificatie**

Bijlage 1: Overzicht cultuurtechnische aspecten en classificatie WNG

Blad 1 van 1

Projectnummer: 489.791.100

betreft Bureaustudie indeling bodemeenheden WNG

Bodemcode	Korte omschrijving	Grondwater-trap	Stevigheid bovengrond	Knippig	Plaatselijk katteklei	Ongerijpte ondergrond	Veen in ondergrond	Classificatie
c OPHOOG	Opgehoogd of opgespoten							0
f TERP	Terpen/oude bewoningsplaatsen							0
g WATER	Water en moeras							0
h BEBOUW	Bebouwde kommen							0
h DIJK	Dijken							0
gMn15C	Knippige poldervaaggronden; lichte zavel, profielverloop 5	V*		1				2
gMn25C	Knippige poldervaaggronden; zware zavel, profielverloop 5	V, V*		1				2
gMn53C	Knippige poldervaaggronden; zavel, profielverloop 3	V, V*		1				2
gMn58C	Knippige poldervaaggronden; zavel, profielverloop 4, of 4 en 3	V		1				2
gMn83C-III	Knippige poldervaaggronden; klei, profielverloop 3	III	1	1				3
gMn83C	Knippige poldervaaggronden; klei, profielverloop 3	V, V*		1				2
gMn85C	Knippige poldervaaggronden; klei, profielverloop 5	V		1				2
gMn88C	Knippige poldervaaggronden; klei, profielverloop 4, of 4 en 3	V		1				2
gMn88Cl	Knippige poldervaaggronden; klei, profielverloop 4, of 4 en 3	V*		1	1			3
gMn88Clv	Knippige poldervaaggronden; klei, profielverloop 4, of 4 en 3	V*		1	1		1	4
hVz	Koopveengronden op zand, beginnend ondieper dan 120 cm	II, III*	1				1	3
kMn48C	Knippoldervaaggronden; zware klei, profielverloop 4, of 4 en 3	V		1				2
kMn63C	Knippoldervaaggronden; zavel en lichte klei, profielverloop 3	V		1				2
kMn68C	Knippoldervaaggronden; zavel en lichte klei, profielverloop 4, of 4 en 3	V		1				2
kVz	Waardveengronden op zand, beginnend ondieper dan 120 cm	III*					1	2
kWp	Moerige podzolgronden met een zavel- of een kleidek en een moerige tussenlaag	III*, IV, V						1
Mn15A	Kalkrijke poldervaaggronden; lichte zavel, profielverloop 5	VII						1
Mn15C	Kalkarme poldervaaggronden; lichte zavel, profielverloop 5	VI						1
Mn25A	Kalkrijke poldervaaggronden; zware zavel, profielverloop 5	VI						1
Mn35A	Kalkrijke poldervaaggronden; lichte klei, profielverloop 5	III, VI						1
Mn45A	Kalkrijke poldervaaggronden; zware klei, profielverloop 5	VI						1
Mn85C	Kalkarme poldervaaggronden; klei, profielverloop 5	III						1
Mo80A	Kalkrijke nesvaaggronden; klei	II	1			1		3
Mo80C	kalkarme nesvaaggronden; klei	II	1			1		3
Mv41C	Kalkarme drechtvaaggronden; zware klei, profielverloop 1	III*					1	2
Mv41Cl	Kalkarme drechtvaaggronden; zware klei, profielverloop 1	III*			1		1	3
pMv81	Liedeerdgronden; klei, profielverloop 1	III*					1	2
pVs	Weideveengronden op veenmosveen	II	1				2	4
pVsl	Weideveengronden op veenmosveen	III*			1		2	4
pVz	Weideveengronden op zand, beginnend ondieper dan 120 cm	IV					1	2
pVzl	Weideveengronden op zand, beginnend ondieper dan 120 cm	III*			1		1	3
Sn13A	Kalkhoudende vlakvaaggronden; zwak en sterk lemig, kleiig, uiterst fijn zand	VII						1
vWp	Moerige podzolgronden met een moerige bovengrond	III*	1					2

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Tolhuisweg 57
8443 DV Heerenveen
Postbus 24
8440 AA Heerenveen
T. +31 6 83 16 86 50
E. Willem.Bakker@Anteagroup.nl

Copyright © 2023

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct een melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

www.anteagroup.nl

Bijlage 5

Rapport warmteafdracht Waterstofleiding

Waterstofnetwerk Groningen

Modelberekeningen bodemtemperatuur, vochtgehalte en gewasopbrengst



Waterstofnetwerk Groningen

Modelberekeningen bodemtemperatuur, vochtgehalte en gewasopbrengst

Auteur(s)

J.M. van Esch

Waterstofnetwerk Groningen

Modelberekeningen bodemtemperatuur, vochtgehalte en gewasopbrengst

Opdrachtgever	Hynetwork Services BV
Contactpersoon	Mevrouw C.M. van der Ploeg
Referenties	
Trefwoorden	Waterstofleiding, bodemtemperatuur, vochtgehalte, gewasopbrengst




Documentgegevens

Versie	2.0
Datum	06-02-2024
Projectnummer	11210079-001
Document ID	11210079-001-GEO-0002
Pagina's	77
Classificatie	
Status	Definitief

Auteur(s)

	dr.ir. J.M. van Esch	

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
2.0	Dr.ir. J.M. van Esch 	Dr. H.M.G. Kruse 	Dr.ir. A.S.K. Elkadi 

Samenvatting

Voor het transport van waterstof door het waterstofnetwerk Groningen wordt een nieuwe leiding aangelegd in het tracé Eemshaven – Tjuchem en het tracé Tjuchem – Delfzijl. Een mogelijk knelpunt bij de aanleg vormt de relatief hoge temperatuur van het waterstof in de leiding direct na de productie en onderzoek moet uitwijzen wat de effecten van de leidingen op de gewassen zijn op de percelen waar de leiding gaat worden aangelegd. De ligging van het leidingtracé Eemshaven – Tjuchem is nog niet definitief vastgelegd. Er is een basistracé als basisalternatief gekozen. Een alternatief tracé volgt de N33 en het tweede alternatief volgt een bestaand tracé van een waterleiding. Voor het transport van waterstof via het leidingtracé Eemshaven – Tjuchem zal een DN 1050 worden aangelegd. Vanuit Tjuchem wordt het waterstof door een aan te leggen DN 400 leiding naar de haven van Delfzijl getransporteerd.

Dit rapport beschrijft het onderzoek naar de opwarming van de grond rond de nieuw aan te leggen leiding, de verandering van het bodemvochtgehalte en de effecten van de leiding op de gewasopbrengsten in het agrarische gebied. De opwarming van de grond en de effecten op de omgeving zijn vastgesteld met modelberekeningen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor situaties die voor komen ter plaatse van de leidingtracés. Per situatie varieert de opeenvolging van grondlagen, de grondwaterstand en de stijghoogte in het watervoerende pakket. Ook de leidingdiameters zijn per tracé-deel verschillend.

De opwarming van de grond in de wortelzone van de onderzochte gewassen is beperkt. Uit het onderzoek volgt dat de temperatuurtoename door de leiding op een diepte van 10 cm beneden maaiveld maximaal 2°C is. Op een diepte van 20 cm beneden maaiveld blijft de toename beperkt tot 3°C en 40 cm beneden maaiveld is de toename van de temperatuur maximaal 5°C. Op een afstand van 10 m naast de leiding komen de berekende bodemtemperaturen met leiding overeen met de resultaten van een berekening zonder leiding.

Door de hogere bodemtemperaturen neemt de verdamping vanuit de bodem naar de atmosfeer enigszins toe. De waterstofleiding heeft echter geen duidelijk effect op de ontwikkeling van het vochtgehalte in de bodem. De additionele verdamping wordt gecompenseerd door aanvulling vanuit de diepere grondlagen.

Met de gewasberekeningen zijn de gewasopbrengsten voor een strook van 20 meter bepaald. De strook loopt van 10 m links van de leiding tot 10 m rechts van de leiding. Bij de berekening zijn de directe gevolgen voor gewassen door de temperatuur en vochtgehalte verandering berekend. Indirecte gevolgen zoals onkruidbestrijding en ziekte- en schimmelbestrijding zijn niet in de berekening meegenomen.

De berekende meeropbrengst van gras varieert tussen 2,5% en 4,6%. Voor aardappelen wordt een maximale minderopbrengst van 0,21% berekend en is de maximale meeropbrengst 1,80%. Voor suikerbieten varieert de meeropbrengst tussen 0,89% tot 3,09% en voor graan wordt een maximale minderopbrengst van 1,06% en een meeropbrengst van 1,72% gevonden.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	6
2	Opzet onderzoek	7
3	Beschikbare gegevens	8
3.1	Ondergrondschematisatie	8
3.2	Bodemfysische eigenschappen	10
3.3	Meteorologische condities	13
3.4	Waterstofleiding	15
4	Bodemtemperatuurberekeningen	17
4.1	Casus 1, DN1050 dunne deklaag zandige klei	19
4.2	Casus 2, DN1050 dikke deklaag zandige klei	22
4.3	Casus 3, DN1050 deklaag kleiig zand	25
4.4	Casus 4a, DN1050 deklaag siltige klei	28
4.5	Casus 4b, DN400 deklaag siltige klei	31
4.6	Casus 5, DN1050 deklaag siltige klei	34
4.7	Casus 6a, DN1050 deklaag organische klei	37
4.8	Casus 6b, DN400 deklaag organische klei	40
5	Gewasberekeningen	43
5.1	Gewasopbrengst ondergrondprofielen	43
5.2	Gewasopbrengst leidingsegmenten	45
6	Conclusies	48
7	Aanbevelingen	50
Literatuur 51		
A	Temperatuurverloop ondergrond	52
B	Beoordelingstabellen	60
C	Landbouwkundige beschouwing	76

1 Inleiding

Door elektrolyse kan water met duurzame elektriciteit uit zon- of windenergie worden omgezet in groene waterstof. Naar verwachting wordt die waterstof in de toekomst een belangrijke energiedrager en kan de groene waterstof gebruikt worden als grondstof en brandstof voor industrie en vervoer. Een mogelijk knelpunt vormt de relatief hoge temperatuur van het waterstof direct na de productie en onderzoek moet uitwijzen in welke mate de gewassen in de omgeving daar eventueel nadelige effecten van zou kunnen ondervinden.

Voor het waterstoftransport door het waterstofnetwerk Groningen wordt een nieuwe leiding aangelegd in het tracé Eemshaven – Tjuchem en het tracé Tjuchem – Delfzijl. Voor het eerste tracé is het basistracé als basisalternatief gekozen. Een alternatief tracé volgt de N33 en het tweede alternatief het volgt een bestaand tracé van een waterleiding. Figuur 1.1 geeft het verloop van de leidingtracés.



Figuur 1.1 Leiding tracé.

Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de opwarming van de grond rond de nieuw aan te leggen leiding en de effecten van de leiding op de gewasopbrengsten in agrarisch gebied. Het onderzoek bestaat uit twee delen. Het eerste deel betreft het vaststellen van de temperatuurverandering in de ondergrond en de verandering van het bodemvochtgehalte. Het tweede deel omvat modelberekeningen voor het vaststellen van de effecten van temperatuur- en bodemvochtveranderingen op de gewasopbrengst. Het eerste deel van het onderzoek is uitgevoerd door Deltares het tweede deel is door de WUR uitgevoerd.

2 Opzet onderzoek

De onderzoeksvragen die zullen worden beantwoord zijn:

- Hoe groot is de toename van de temperatuur in de grond rondom de leiding en wat is de afname van het bodemvochtgehalte door additionele verdamping.
- Wat is de gewasopbrengst in een situatie met leiding en zonder leiding.

Deze vragen worden beantwoordt met modelberekeningen. Aan de hand van beschikbare gegevens (TNO, 2020) zijn representatieve ondergrondprofielen afgeleid. De profielen bevatten een opeenvolging van grondlagen. Aan de grondlagen zijn geohydrologische en geothermische eigenschappen toegekend. De ligging van de grondwaterspiegel in het watervoerend pakket is per profiel vastgesteld. De geografische ligging van de profielen wordt toegekend aan leidingsegmenten. In het tracé Eemshaven – Tjuchem wordt een DN1050 leiding toegepast en in het tracé Tjuchem – Delfzijl een DN400 leiding.

De tweedimensionale ondergrondprofielen zijn tijdsafhankelijk doorgerekend met het eindige elementen model DgFlow (Van Esch en Kruse (2020)). Bij de tweedimensionale berekeningen is de temperatuur in de leiding, volgens opgave van Gasunie, 30°C en zijn tijdsafhankelijke meteorologische condities aan maaiveld opgelegd. De meteorologische condities volgen uit KNMI metingen van het weerstation Eelde. De thermische eigenschappen van de ondergrond en het niveau van het grondwater in het eerste watervoerend pakket zijn bepaald op basis van beschikbare gegevens en rapporten. Met de berekeningen wordt het jaar 2019, dat representatief is voor de komende jaren, doorgerekend. Het jaar 2019 was een representatief droog jaar en is ook gekozen in eerder onderzoek. Daarbij wordt het jaar 2018 gebruikt als zogenaamde inspeelperiode om een dynamisch evenwicht aan het begin van het jaar 2019 te bepalen.

De gewasopbrengst van gras, graan, suikerbieten en aardappelen is voor de situatie met een waterstofleiding en voor de situatie zonder waterstofleiding berekend. Daarvoor is de gewasgroeimodule CropGrowth gebuikt dat door de WUR is ontwikkeld. Uitgangspunten voor de CropGrowth berekeningen zijn de met DgFlow berekende temperaturen en vochtgehaltes op een diepte van 0,1 m, 0,2 m, 0,3 m, 0,4 m, 0,5 m, 0,75 m en 1,0 m beneden maaiveld. De punten zijn direct boven de leiding gekozen en op een afstand van 1,0 m, 2,0 m, 5.0 m en 10.0 m vanaf het hart van de leiding. De temperaturen en vochtgehaltes zijn als daggemiddelde waarden voor het jaar 2019 bepaald.

3 Beschikbare gegevens

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de gegevens waarmee de berekeningen worden uitgevoerd. Eerst worden de ondergrondschematisatie uitgevoerd waaraan vervolgens laagsgewijs geo-hydrologische en geo-thermische parameters aan worden toegekend. Vervolgens wordt een beschrijving gegeven van de leidingen met de thermische parameters die nodig zijn voor het berekenen van de warmte uitwisseling met de ondergrond. Voor de uitwisseling van warmte tussen de ondergrond en de atmosfeer worden de meteorologische condities toegelicht en wordt een overzicht gegeven van de condities die aan het maaiveld worden opgelegd.

3.1 Ondergrondschematisatie

Aan de hand van beschikbare gegevens zoals de bodemkaart uit het Dinoloket (TNO (2020)) zijn voor de tracédelen zes representatieve ondergrondprofielen opgesteld. Ieder bodemprofiel bestaat uit een opeenvolging van grondlagen. Aan de grondlagen zijn geohydrologische en geothermische eigenschappen toegekend die volgen uit de Staringreeks (Wösten et al. (2013)). In deze reeks bevat 36 unieke bouwstenen; 18 bovengrondtypen (aangeduid met een B) en achttien ondergrondtypen (aangeduid met een O) opgenomen. Aan iedere bouwsteen zijn gemiddelde waterretentiekaracteristieken toegekend. De fysische eigenschappen van de bouwstenen zijn verzameld in tabel 3.8 en tabel 3.9. De geografische ligging van de profielen wordt toegekend aan leidingsegmenten die zijn afgebeeld in figuur 3.1. De grondopbouw van de profielen met de toekenning van de bouwstenen aan de bodemlagen is in de onderstaande tabellen samengevat.

Tabel 3.1 Ondergrondprofiel 1.

Bodemlagen	y_b (m)	y_o (m)
klei zandig (kleiB10)	0,00	-0,50
matig grof zand (zand O1)	-0,50	-7,00
matig fijn zand (zand O4)	-7,00	-10,00

Tabel 3.2 Ondergrondprofiel 2.

Bodemlagen	y_b (m)	y_o (m)
klei zandig (kleiB10)	0,00	-1,50
matig grof zand (zandO1)	-1,50	-7,00
matig fijn zand (zandO4)	-7,00	-10,00

Tabel 3.3 Ondergrondprofiel 3.

Bodemlagen	y_b (m)	y_o (m)
zand kleilig (zandB4)	0,00	-1,00
matig grof zand (zandO1)	-1,00	-7,00
matig fijn zand (zandO4)	-7,00	-10,00

Tabel 3.4 Ondergrondprofiel 4.

Bodemlagen	y_b (m)	y_o (m)
klei siltig (kleiB11)	0,00	-0,40
klei (kleiO12)	-0,40	-7,00
matig fijn zand (zandO4)	-7,00	-10,00

Tabel 3.5 Ondergrondprofiel 5.

Bodemlagen	y_b (m)	y_o (m)
klei siltig (kleiB11)	0,00	-0,4
klei (kleiO12)	-0,4	-7,00
matig fijn zand (zandO4)	-7,00	-10,00

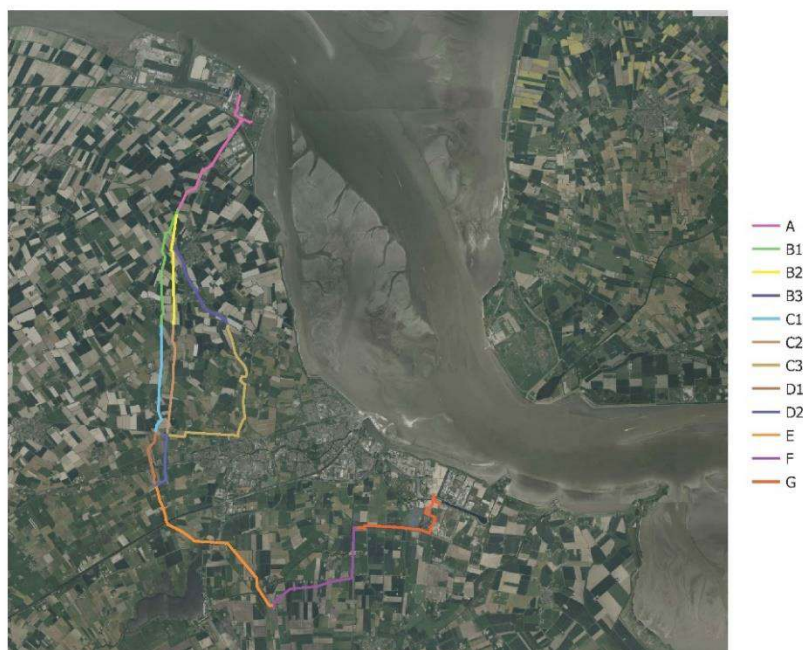
Tabel 3.6 Ondergrondprofiel 6.

Bodemlagen	y_b (m)	y_o (m)
klei organisch (kleiB17)	0,00	-0,50
veen (veenO17)	-0,50	-3,00
klei (klei)12)	-3,00	-7,00
matig grof zand (zandO4)	-7,00	-10,00

De bijhorende stijghoogte in het watervoerende pakket ten opzichte van het maaiveld is - 0,5 m voor profiel 1, 2 en 4. De stijghoogte in het watervoerend pakket van profiel 3 is mv - 0,6 m en mv - 0,4 m bij profiel 5 en 6. De ligging van de grondwaterstand in het freatisch pakket volgt uit de berekening.

De geografische ligging van de profielen volgt uit een analyse van gegevens uit het Dinoloket (TNO (2020)). Daarbij zijn alle ondergrondprofielen naast elkaar gelegd en zijn de gemeenschappelijke kenmerken bepaald. Van de vastgestelde gemiddelde profielen is bekeken hoe vaak ze voorkomen. De procedure voor deze schematisatie van de ondergrond is bekend als de SOS methode (M. Hijma, K.Lam, 2015). De SOS methode wordt toegepast bij lijninfrastructuur en is bijvoorbeeld gebruikt in de Dijksterkte Analyse module (DAM 2024). De SOS methode (stochastische ondergrondschematisatie) voor lijn elementen wordt toegepast als de afstand tussen boringen en sonderingen te groot is om een deterministisch ondergrondmodel te kunnen maken.

In Figuur 3.1 is het leidingtracé opgedeeld in leidingsegmenten. Via de segmenten worden de profielen gerelateerd aan de geografische ligging. Omdat de grondopbouw wisselt van locatie tot locatie kunnen alleen gemiddelde profielen worden vastgesteld die in een gebied voorkomen. De kansen van voorkomen van een bodemprofiel in een segment zijn opgenomen in Tabel 3.7.



Figuur 3.1 Leidingsegmenten.

Tabel 3.7 Kans op voorkomen van een ondergrondprofiel per leidingsegmenten (%).

Segment	Profiel 1	Profiel 2	Profiel 3	Profiel 4	Profiel 5	Profiel 6
A	40	25	35	-	-	-
B1	-	25	-	75	-	-
B2	-	25	-	75	-	-
B3	-	20	-	80	-	-
C1	-	-	-	65	35	-
C2	-	-	-	65	35	-
C3	-	-	-	30	70	-
C4	-	-	-	10	60	30
D1	-	-	-	60	30	10
D2	-	-	-	60	30	10
E	-	-	-	10	25	65
F	-	-	-	15	-	85
G	-	-	-	90	-	10

3.2 Bodemfysische eigenschappen

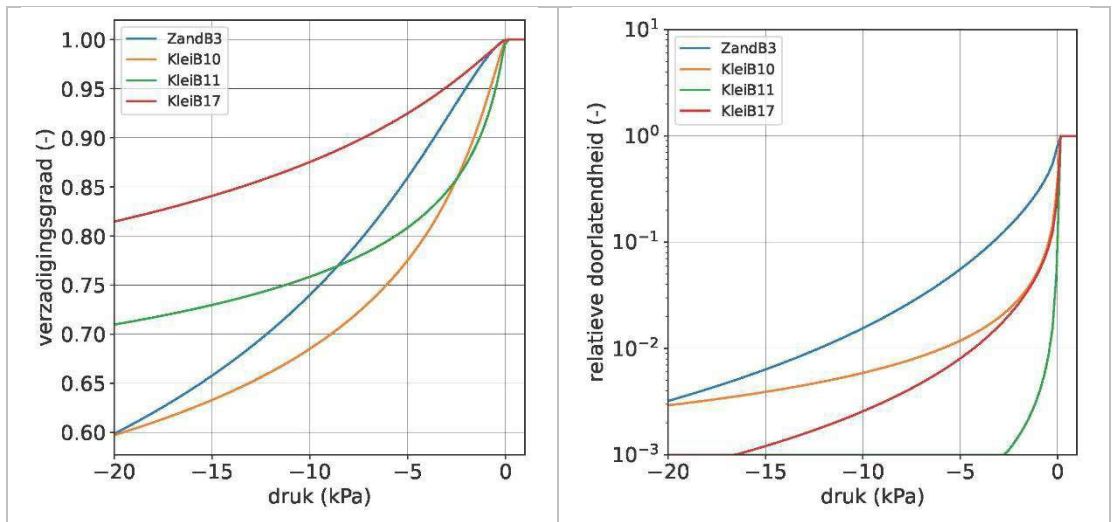
Tabel 3.8 en Tabel 3.9 bevatten de geohydrologische en geothermische eigenschappen van de ondergrond die geheel of gedeeltelijk verzadigd kan zijn. Voor deze grondlagen wordt de relatie tussen verzadigingsgraad, relatieve doorlatendheid en waterdruk afgebeeld in Figuur 3.2 en Figuur 3.3. Onverzadigde stromingseigenschappen zijn afgeleid uit de Staringreeks (Wösten et al. (2013)). In deze reeks zijn 18 bovengrondtypen (aangeduid met een B) en achttien ondergrondtypen (aangeduid met een O) opgenomen. De grondtypen worden in dit hoofdstuk toegekend aan de eerder gepresenteerde ondergrondprofielen.

Tabel 3.8 Materiaaleigenschappen bovengrondtypen.

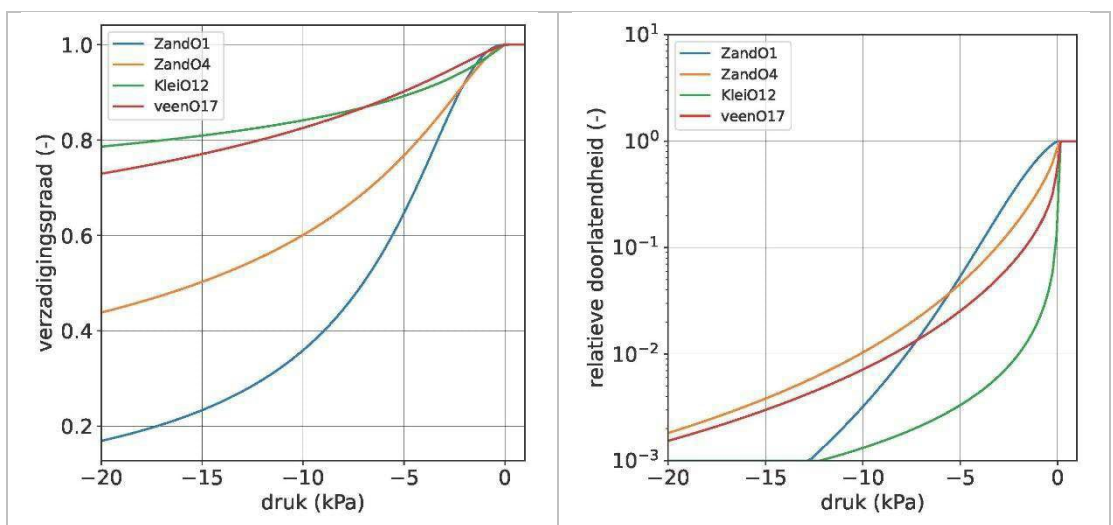
Parameter	ZandB3	KleiB10	KleiB11	KleiB17
n (-)	0,42	0,44	0,51	0,72
K (m/d)	0,1800	0,3100	0,6400	0,0400
α (1/MPa)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
S_r (-)	0,00	0,00	0,00	0,00
S_s (-)	1,00	1,00	1,00	1,00
g_α (1/m)	1,520	5,190	15,620	1,800
g_n (-)	1,412	1,216	1,099	1,140
g_l (-)	-0,21	-6,55	-8,07	-0,35
ρ^s (kg/m ³)	2314	2082	2380	2377
c^s (J/kgK)	700	800	800	1000
λ^a (W/mK)	0,81	0,27	0,31	0,34
λ^b (W/mK)	2,07	1,40	1,52	1,31
α_l (m)	0,00	0,00	0,00	0,00
α_t (m)	0,00	0,00	0,00	0,00
ρ^{dry} (kg/m ³)	1342	1166	1166	666
ρ^{wet} (kg/m ³)	1762	1606	1676	1386
c^{dry} (J/kgK)	700	800	800	1000
c^{wet} (J/kgK)	1530	1727	1829	2654
λ^{dry} (W/mK)	0,47	0,15	0,15	0,10
λ^{wet} (W/mK)	1,92	1,20	1,20	0,89

Tabel 3.9 Materiaaleigenschappen ondergrondtypen.

Parameter	ZandO1	ZandO4	KleiO12	VeenO17
n (-)	0,35	0,36	0,57	0,89
K (m/d)	0,2200	1,0000	0,1000	0,3000
α (1/MPa)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
S_r (-)	0,00	0,00	0,00	0,00
S_s (-)	1,00	1,00	1,00	1,00
g_α (1/m)	2,200	2,160	3,840	1,450
g_n (-)	2,186	1,540	1,113	1,252
g_l (-)	0,80	-0,52	-6,74	1,02
ρ^s (kg/m ³)	2065	2692	2712	1500
c^s (J/kgK)	700	700	800	1200
λ^a (W/mK)	0,72	0,39	0,35	0,36
λ^b (W/mK)	1,91	2,71	1,65	0,15
α_l (m)	0,00	0,00	0,00	0,00
α_t (m)	0,00	0,00	0,00	0,00
ρ^{dry} (kg/m ³)	1342	1723	1166	165
ρ^{wet} (kg/m ³)	1692	2083	1736	1055
c^{dry} (J/kgK)	700	700	800	1200
c^{wet} (J/kgK)	1420	1302	1910	3716
λ^{dry} (W/mK)	0,47	0,25	0,15	0,04
λ^{wet} (W/mK)	1,92	2,20	1,20	0,59



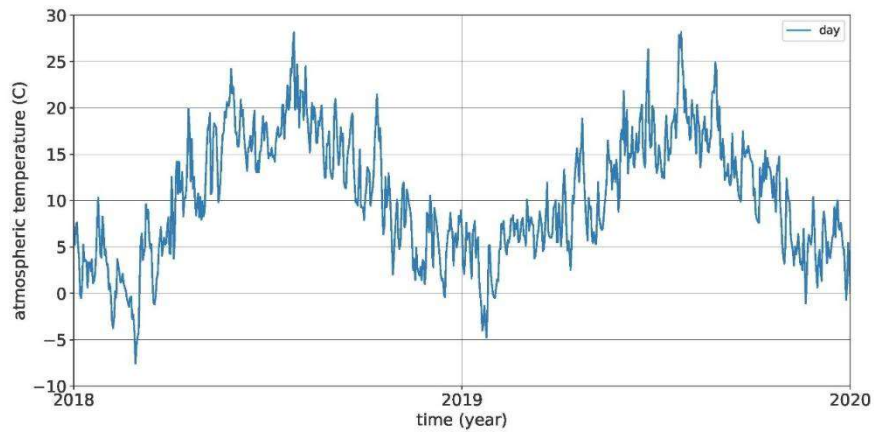
Figuur 3.2 Waterretentiecurves bovengrondtypen.



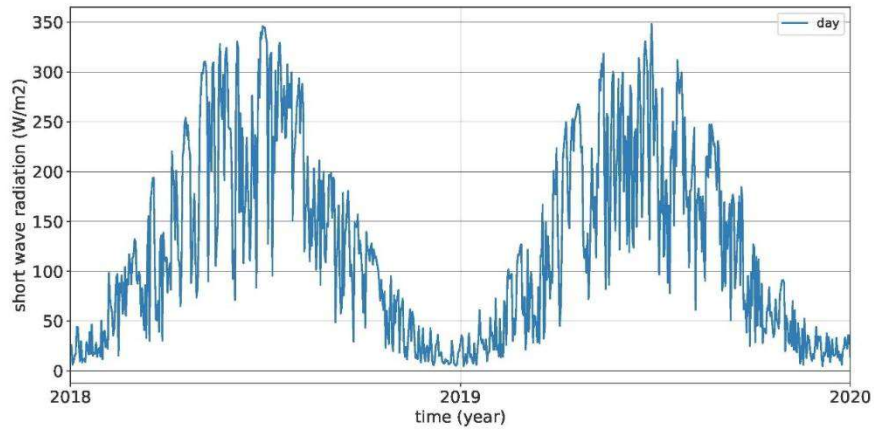
Figuur 3.3 Waterretentiecurves ondergrondtypen.

3.3 Meteorologische condities

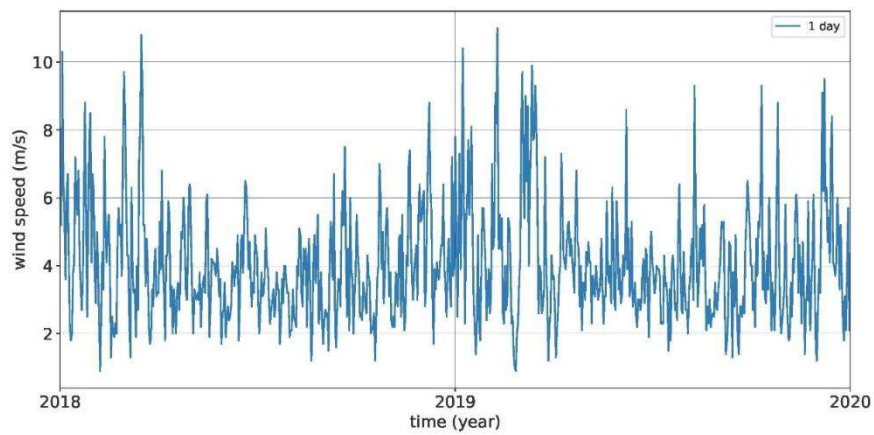
KNMI metingen in Eelde (KNMI (2023)) worden gebruikt als randvoorwaarden voor de berekeningen. De ligging van het station wordt aangeduid met de latitude en de altitude; 53,125 degN+ en NAP +5,20 m. In de onderstaande figuren is achtereenvolgens de atmosferische temperatuur (Figuur 3.4), de korte golf straling door instraling van de zon (Figuur 3.5), de windsnelheid (Figuur 3.6), de relatieve luchtvochtigheid (Figuur 3.7) en de gemeten neerslag (Figuur 3.8) voor de jaren 2018 en 2019 afgebeeld.



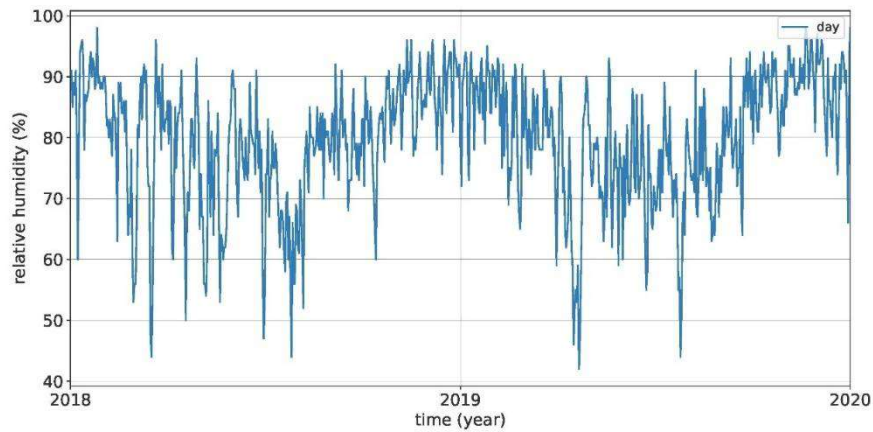
Figuur 3.4 Temperatuurmetingen weerstation Eelde.



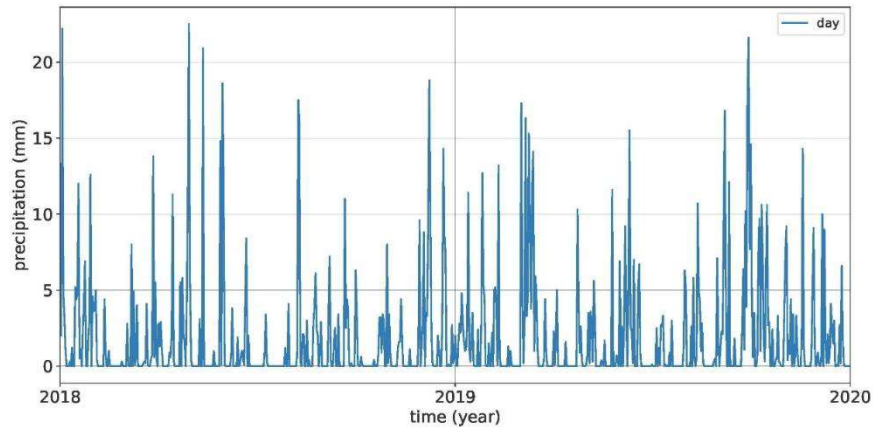
Figuur 3.5 Stralingsmetingen weerstation Eelde.



Figuur 3.6 Windsnelheidsmetingen weerstation Eelde.



Figuur 3.7 Luchtvochtigheidsmetingen weerstation Eelde.



Figuur 3.8 Neerslagmetingen weerstation Eelde.

Met deze gegevens worden de warmteflux aan het oppervlak, de potentiële verdamping en de netto aanvulling van de bodem berekend (Van Esch en Kruse (2023)).

3.4 Waterstofleiding

De stalen DN1050 leiding heeft een buitendiameter van 1050 mm en een wanddikte van 36 mm met een PE coating en de stalen DN400 leiding heeft een buitendiameter van 400 mm en een wanddikte van 18 mm met een PE coating.

In Tabel 3.10 worden waarden voor de dichtheid ρ (kg/m^3), de specifieke warmtecapaciteit c (J/kgK) en de thermische geleidbaarheid λ (W/mK) van de materialen waaruit de leidingen zijn samengesteld, gegeven.

Tabel 3.10 Materiaalgegevens water en leiding.

Parameter	Staal	PE	Water
ρ (kg/m^3)	8050	950	1000
c (J/kgK)	500	1880	4182
λ (W/mK)	45,00	0,47	0,60

In de berekeningen wordt de leiding vastgelegd met een binnendiameter ($2r_0$) en een buitendiameter ($2r_2$). Aan de leiding worden effectieve eigenschappen voor de dichtheid, de warmtecapaciteit en de thermische geleidbaarheid toegekend.

De effectieve dichtheid (ρ) van de leiding volgt uit het rekenkundig gemiddelde van de dichtheid van staal en de coating.

$$\rho = \frac{(r_1^2 - r_0^2)\rho_1 + (r_2^2 - r_1^2)\rho_2}{r_2^2 - r_0^2}$$

Bij de berekening van de effectieven specifieke warmtecapaciteit (c) wordt de dichtheid meegewogen:

$$c = \frac{(r_1^2 - r_0^2)c_1\rho_1 + (r_2^2 - r_1^2)c_2\rho_2}{(r_2^2 - r_0^2)\rho}$$

De thermische geleidbaarheid (λ) volgt uit het harmonisch gemiddelde van het staal en de coating (Al-Khoury (2017)).

$$\lambda = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_0}\right)}{\ln\left(\frac{r_1}{r_0}\right) / \lambda_1 + \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) / \lambda_2}$$

De temperatuur van het waterstof in de leiding is, volgens opgave van de Gasunie, 30°C. Het leidingtype in het tracé Eemshaven – Tjuchem is DN1050 en in het tracé Tjuchem – Delfzijl DN400.

4 Bodemtemperatuurberekeningen

De grondwaterstroming- en warmtetransportberekeningen zijn uitgevoerd met het eindige elementen model DgFlow (Van Esch en Kruse (2020)). Grondwaterstroming wordt berekend onder de grondwaterspiegel in de verzadigde zone en boven de grondwaterspiegel in de onverzadigde zone. De grondwaterstroming in de bovenste grondlagen is voornamelijk het gevolg van neerslag en verdamping aan het maaiveld. De stroming door warmteverschillen, en dus dichtheidsverschillen, wordt eveneens berekend.

Transport van warmte vindt plaats door geleiding in de ondergrond en door meevoering met het grondwater. DgFlow berekent beide transportprocessen waarbij verandering van de thermische eigenschappen van de grond met variaties van het vochtgehalte eveneens worden berekend. Verzadigde grond heeft namelijk een hogere warmtecapaciteit dan minder verzadigde grond, datzelfde geldt voor de thermische geleidbaarheid.

De dichtheid van de grond ρ (kg/m^3) volgt uit de dichtheid van water ρ^w (kg/m^3) en de dichtheid van de korrels ρ^s (kg/m^3).

$$\rho = nS\rho^w + (1-n)\rho^s$$

In deze uitdrukking is n de porositeit en S de verzadigingsgraad.

De specifieke warmtecapaciteit van de grond c (J/kgK) volgt uit de specifieke warmtecapaciteit van het water c^w (J/kgK) en de specifieke warmtecapaciteit van de korrels c^s (J/kgK):

$$c\rho = nSc^w\rho^w + (1-n)c^s\rho^s$$

De geleidbaarheid van de grond λ (W/mK) volgt uit de geleidbaarheid van de korrels in een droge toestand λ^0 (W/mK), de geleidbaarheid van water λ^w (W/mK) en de extra geleidbaarheid van de korrels in een gedeeltelijk verzadigde toestand λ^s (W/mK):

$$\lambda = (1-n)\lambda^0 + nS\lambda^w + (1-n)S\lambda^s$$

De grootte van de effectieve neerslag en de verdamping wordt in het DgFlow model berekend op basis van KNMI gegevens. De effectieve neerslag verschilt van de gemeten neerslag als de gemeten neerslag groter is dan de neerslag die door de grond kan worden opgenomen. In dergelijke omstandigheden wordt infiltratie van neerslag beschreven met een waterfilm aan het maaiveld die plassen aan het maaiveld representeert. De maximale verdamping wordt uitgerekend met de Penmann-Monteith vergelijking (Kroes en Van Dam (2017)). Het model vertaalt deze maximale verdamping naar een effectieve verdamping op basis van een maximale zuigspanning waarbij verwelking van gewassen optreedt.

De temperatuur aan maaiveld volgt uit een energiebalansberekening op basis van evenwicht tussen de latente warmteflux, de bodemwarmteflux, de waarneembare warmteflux en de stralingsflux. De latente warmteflux zorgt voor verdamping en wordt aangedreven door vochtgehalteverschillen in de bodem en de lucht. De bodemwarmteflux ontstaat door het

verschil in oppervlaktetemperatuur, de natuurlijke temperatuur in ondergrond en de additionele warmte door de leiding in de ondergrond. De waarneembare warmteflux wordt aangedreven door het verschil in bodemtemperatuur en atmosferische temperatuur. De stralingsflux ten slotte, is het gevolg van instraling door de zon en reflectie aan het maaiveld.

De rekenresultaten worden verzameld in een aantal rekenpunten. De posities van deze rekenpunten zijn samengevat in Tabel 4.1. In deze tabel is l de horizontale afstand van het hart van de leiding tot het rekenpunt en d de diepte van het rekenpunt ten opzichte van maaiveld.

Tabel 4.1 Ligging rekenpunten.

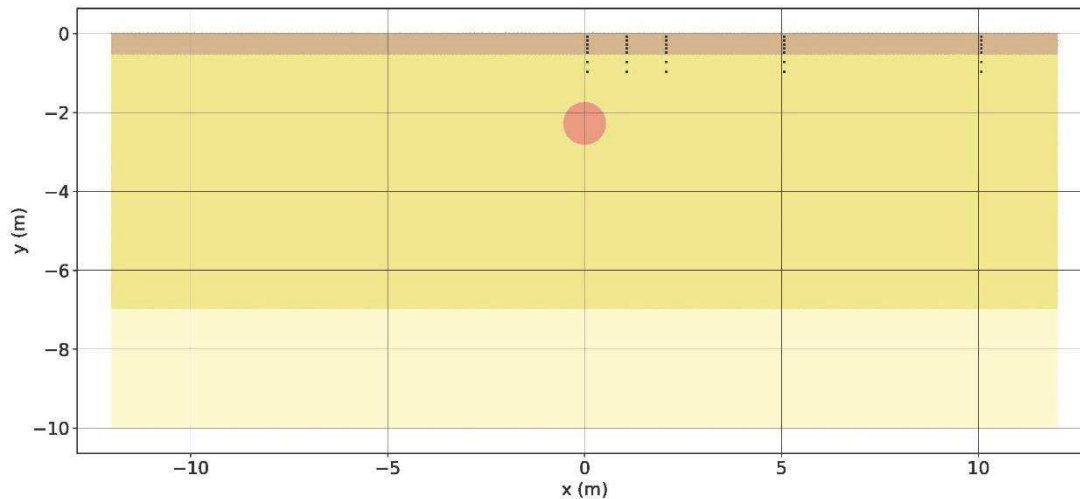
$l / d(m)$	0,00	1,00	2,00	5,00	10,00
-0,10	p1	p8	p15	p22	p29
-0,20	p2	p9	p16	p23	p30
-0,30	p3	p10	p17	p24	p31
-0,40	p4	p11	p18	p25	p32
-0,50	p5	p12	p19	p26	p33
-0,75	p6	p13	p20	p27	p34
-1,00	p7	p14	p21	p28	p35

Met de bovenstaande gegevens zijn 16 tweedimensionale eindige elementen berekeningen uitgevoerd (per casus één met leiding en één zonder leiding). Met de berekeningen is de temperatuur en het bodemvocht in de ondergrond bepaald. In Bijlage A is het temperatuurverloop voor de winter en zomersituatie opgenomen. Maandgemiddelde waarden van de bodemtemperatuur en het vochtgehalte voor alle rekenpunten zijn opgenomen in Bijlage B. Deze gegevens worden gebruikt om het effect van de leiding op de gewasopbrengsten te bepalen.

In dit hoofdstuk worden de resultaten voor zes rekenpunten besproken (p1, p2, p4, p29, p30 en p32). De punten p1, p2 en p4 bevinden zich direct boven het centrum van de waterstofleiding op een diepte van 10 cm, 20 cm en 40 cm beneden maaiveld. De resultaten worden vergeleken met de berekende waarde in de punten p29, p30 en p32 die op een zelfde diepte 10 meter naast het centrum van de leiding liggen.

4.1 Casus 1, DN1050 dunne deklaag zandige klei

De toplaag van de eerste casus bestaat uit zandige klei (KleiB10) en reikt tot een diepte van mv -0,50 m. Daaronder ligt een laag matig grof zand uit de formatie van Naaldwijk (ZandO1) tot een diepte van mv -7,00. Onder deze laag ligt een laag matig fijn zand uit de formatie van Boxtel (ZandO4) tot mv -10,00 m. De stijghoogte in het watervoerend pakket op een diepte van mv -10.0 m is mv -0,5 m. Het ondergrondprofiel met de ligging van de leiding en de rekenpunten, volgens uit Tabel 4.1, is afgebeeld in Figuur 4.1.

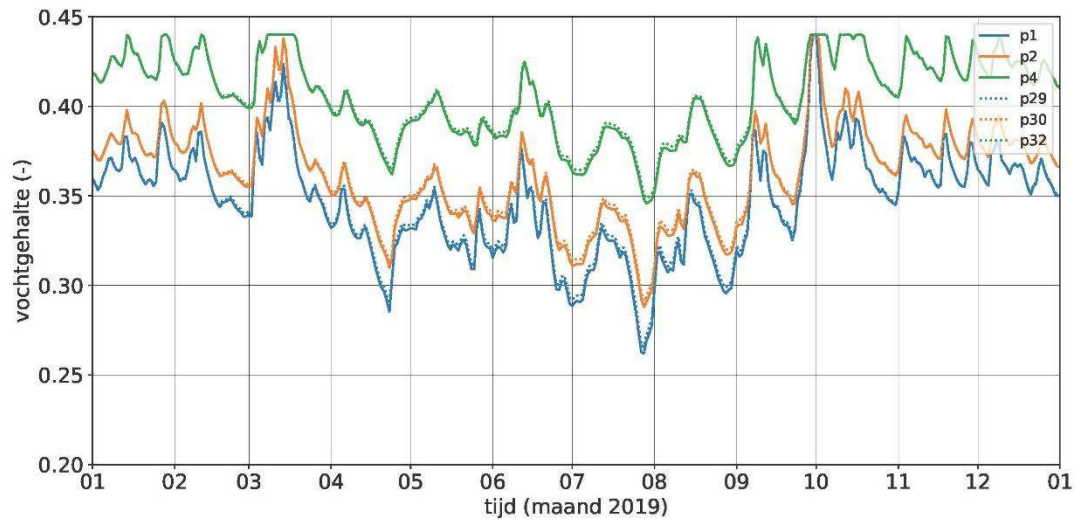


Figuur 4.1 Ondergrondprofiel met rekenpunten casus 1.

Het verzadigde vochtgehalte van de materialen KleiB10, ZandO1 en ZandO4 komt overeen met de porositeit. Volgens Tabel 3.8 en Tabel 3.9 is de porositeit van deze materialen respectievelijk 0,44, 0,35 en 0,36.

De ontwikkeling van het vochtgehalte voor de geselecteerde rekenpunten, p1, p2 en p4 boven de leiding en p29, p30 en p32 10 meter daarnaast, is afgebeeld in Figuur 4.2. De grafiek laat zien dat het vochtgehalte direct boven de leiding nagenoeg overeenkomt met het vochtgehalte tien meter daarnaast.

De maandgemiddelde waarden van het berekende vochtgehalte met de waterstofleiding zijn weergegeven in Tabel 4.2. Het berekende vochtgehalte voor het geval zonder leiding is opgenomen in Tabel 4.3. Uit de eerste tabel volgt dat de afname van het vochtgehalte in augustus direct boven de leiding op een diepte van 10 cm beneden maaiveld 14 % bedraagt ten opzichte van het vochtgehalte in januari. De afname is 11 % op een diepte van 20 cm en 10 % op een diepte van 40 cm. Deze variatie in vochtgehalte is het gevolg van veranderende atmosferische condities. Door warmteafdracht van de leiding ontstaat geen additionele verdamping van het bodemvocht. De additionele verdamping als gevolg van de warmteafdracht van de leiding naar de bodem wordt gecompenseerd door extra toestroming van grondwater door de onderliggende zandlaag.



Figuur 4.2 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 1.

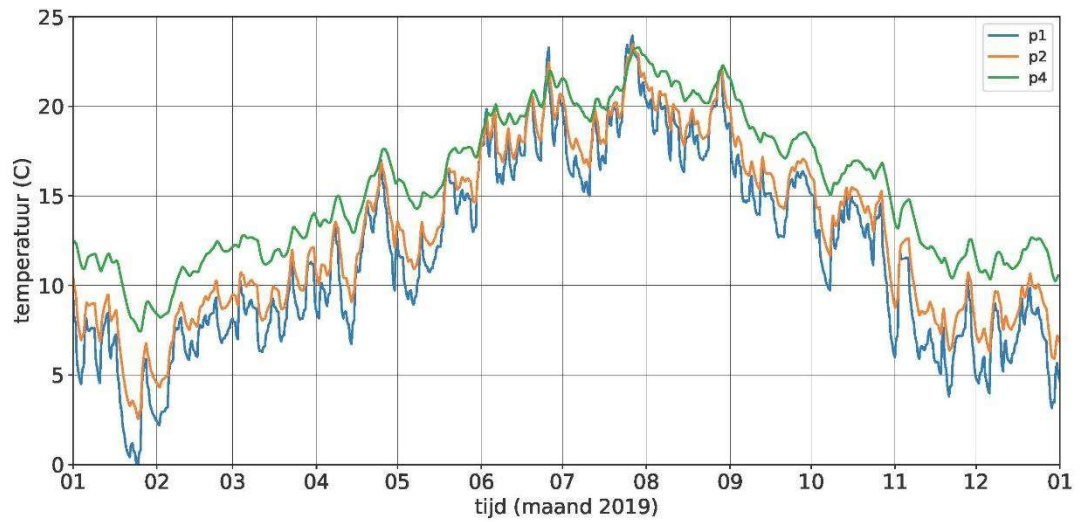
Tabel 4.2 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 1 met leiding.

Punt	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
p1	0,37	0,36	0,37	0,32	0,33	0,33	0,30	0,32	0,35	0,37	0,37	0,36
p2	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p4	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p29	0,37	0,36	0,37	0,33	0,33	0,33	0,31	0,32	0,36	0,37	0,37	0,36
p30	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p32	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42

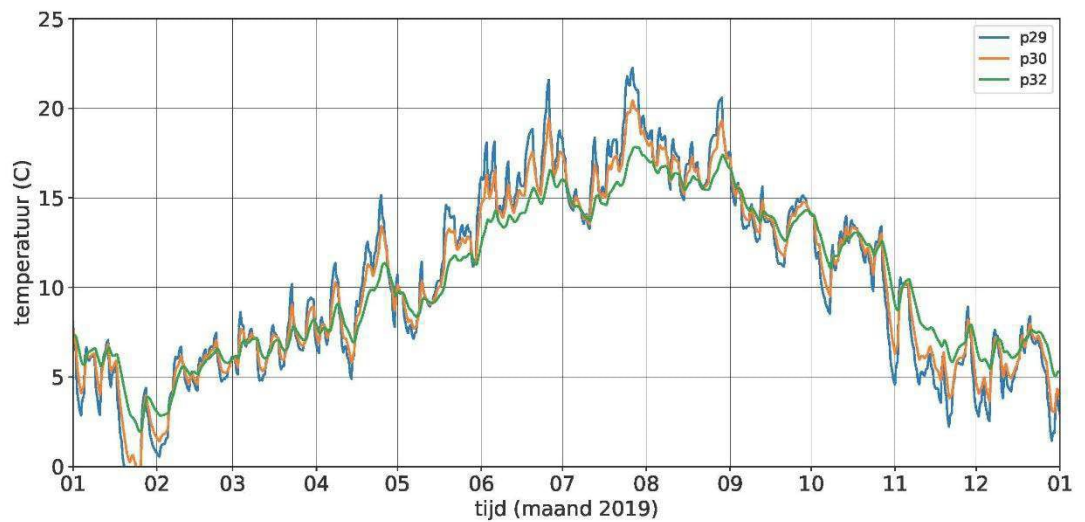
Tabel 4.3 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 1 zonder leiding.

Punt	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
p1	0,37	0,36	0,37	0,33	0,33	0,33	0,30	0,32	0,36	0,37	0,37	0,36
p2	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p4	0,43	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42

De ontwikkeling van de bodemtemperatuur voor de geselecteerde rekenpunten is afgebeeld in Figuur 4.3 en Figuur 4.4. De maandgemiddelde waarden van de temperatuur volgens de berekening met waterstofleiding zijn weergegeven in Tabel 4.4 en de waarden voor in de situatie zonder leiding zijn opgenomen in Tabel 4.5. Uit de tabellen volgt dat de rekenpunten die 10 m naast het centrum van de leiding liggen, niet worden beïnvloed door de leiding. In augustus is de toename van de bodemtemperatuur door de waterstofleiding direct boven de leiding het grootst. Op een diepte van 10 cm beneden maaiveld is de toename 2°C, 20 cm beneden maaiveld is de toename 3°C en 40 cm beneden maaiveld is de toename van de bodemtemperatuur door de leiding 5°C. De natuurlijke variatie van de bodemtemperatuur in deze punten is 14°C, 13°C en 11°C gedurende het jaar 2019.



Figuur 4.3 Temperatuurverloop rekenpunten casus 1 met leiding.



Figuur 4.4 Temperatuurverloop rekenpunten casus 1 zonder leiding.

Tabel 4.4 Temperatuurverloop rekenpunten casus 1 met leiding.

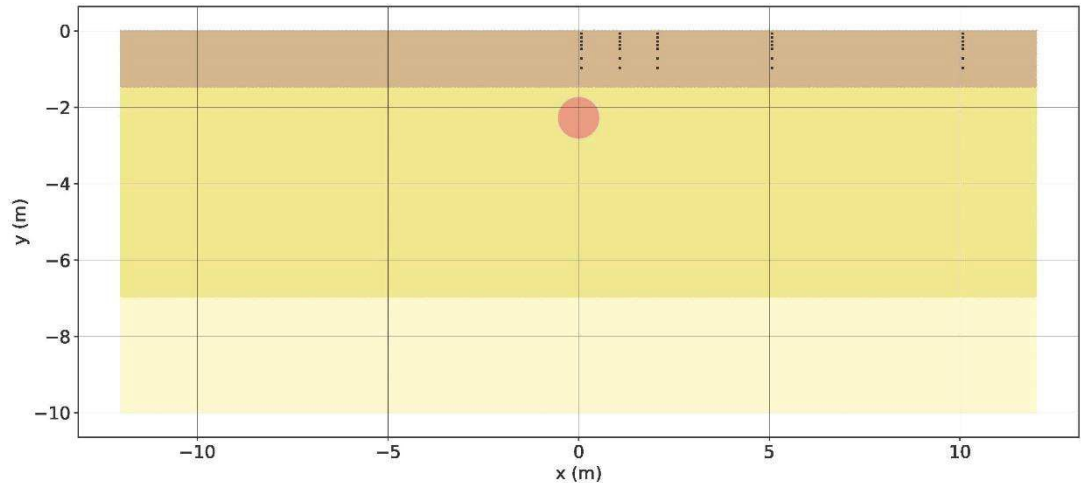
Punt	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
p1	5	7	9	11	13	18	19	19	15	12	7	7
p2	7	8	10	13	14	19	20	20	16	14	9	8
p4	10	11	12	15	16	20	21	21	19	16	12	11
p29	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	15	16	16	14	12	8	6

Tabel 4.5 Temperatuurverloop rekenpunten casus 1 zonder leiding.

Punt	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
p1	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p2	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p4	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	6

4.2 Casus 2, DN1050 dikke deklaag zandige klei

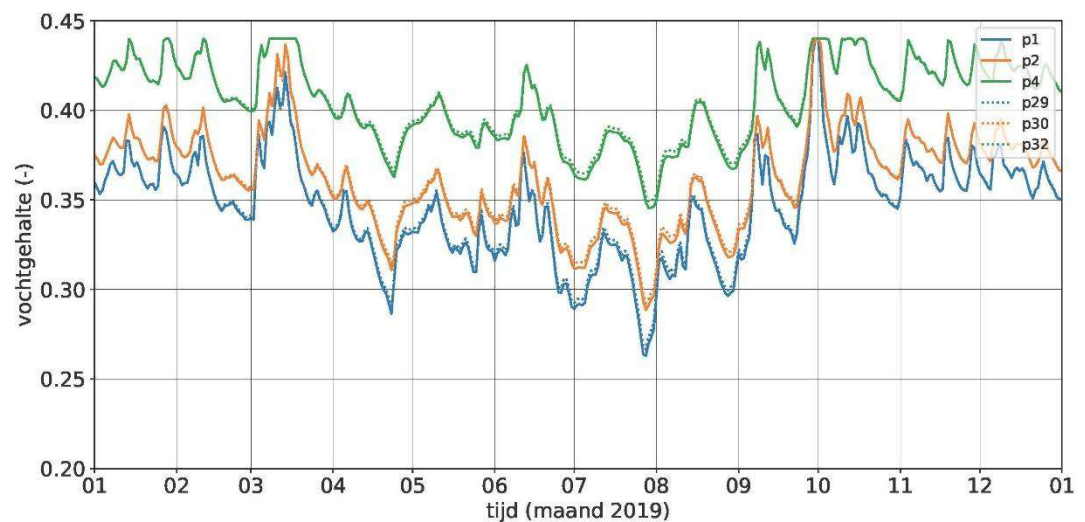
Volgens casus 2 bestaat de toplaag tot mv -1,50 m uit zandige klei (KleiB10) met daaronder een laag matig grof zand uit de formatie van Naaldwijk (ZandO1) tot mv -7,00. Onder de toplaag bevindt zich een matig fijn zandpakket uit de formatie van Boxtel (ZandO4) die in het ondergrondmodel in rekening is gebracht tot mv -10,00 m. De stijghoogte in het watervoerend pakket op een diepte van mv -10.0 m is mv -0,5 m. Het ondergrondprofiel is afgebeeld in Figuur 4.5.



Figuur 4.5 Ondergrondprofiel met rekenpunten casus 2.

Het verzadigd vochtgehalte van de materialen KleiB10, ZandO1 en ZandO4 komt overeen met de porositeit en bedraagt respectievelijk 0,44, 0,35 en 0,36. De ontwikkeling van het vochtgehalte voor de geselecteerde rekenpunten, p1, p2 en p4 boven de leiding en p29, p30 en p32 10 meter daarnaast is afgebeeld in Figuur 4.6. Uit de figuur volgt dat de leiding nagenoeg geen effect heeft op het bodemvocht.

De maandgemiddelde waarden van het vochtgehalte met de waterstofleiding zijn weergegeven in Tabel 4.6 en de waarden voor het geval zonder leiding zijn opgenomen in Tabel 4.7.



Figuur 4.6 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 2.

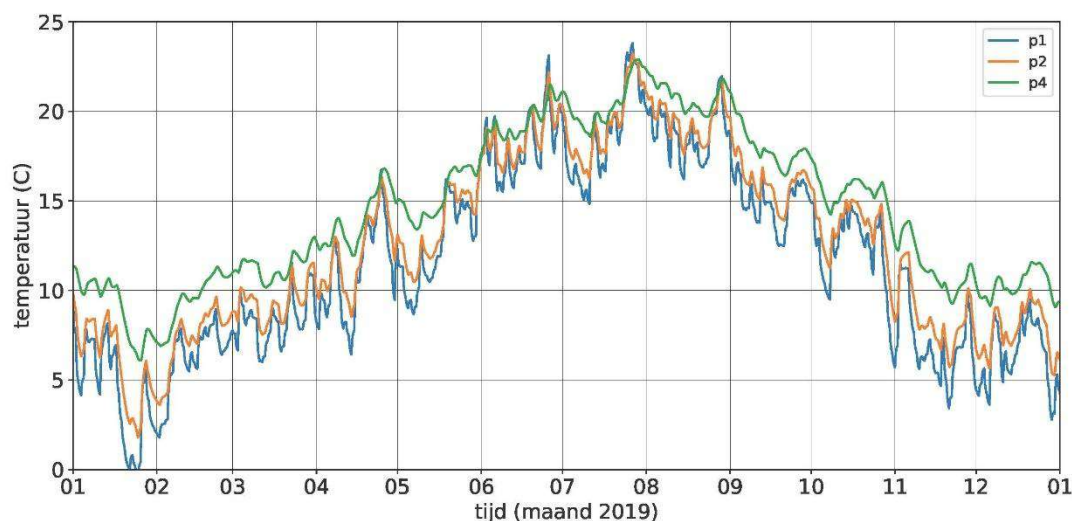
Tabel 4.6 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 2 met leiding.

Punt	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
p1	0,37	0,36	0,37	0,32	0,33	0,33	0,30	0,32	0,35	0,37	0,37	0,36
p2	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p4	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p29	0,37	0,36	0,37	0,33	0,33	0,33	0,31	0,32	0,36	0,37	0,37	0,36
p30	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,33	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p32	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42

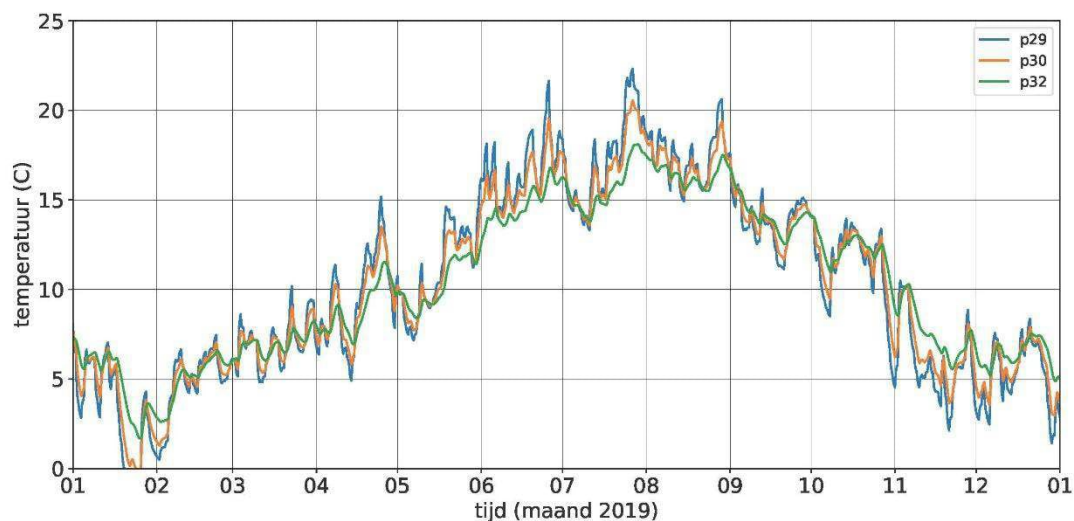
Tabel 4.7 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 2 zonder leiding.

Punt	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
p1	0,37	0,36	0,37	0,33	0,33	0,33	0,30	0,32	0,36	0,37	0,37	0,36
p2	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p4	0,43	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42

De ontwikkeling van de bodemtemperatuur voor de geselecteerde rekenpunten is afgebeeld in Figuur 4.7 en Figuur 4.8. De maandgemiddelde waarden van de temperatuur zijn weergegeven in Tabel 4.8 en Tabel 4.9. Uit de tabellen volgt dat de temperatuur in de rekenpunten die 10 m naast het centrum van de leiding liggen, niet worden beïnvloed door de leiding. In augustus is de toename van de bodemtemperatuur door de waterstofleiding direct boven de leiding voor een diepteligging mv -10 cm, mv -20 cm en mv -40 cm respectievelijk 2°C, 3°C en 5°C.



Figuur 4.7 Temperatuurverloop rekenpunten casus 2 met leiding.



Figuur 4.8 Temperatuurverloop rekenpunten casus 2 zonder leiding.

Tabel 4.8 Temperatuurverloop rekenpunten casus 2 met leiding.

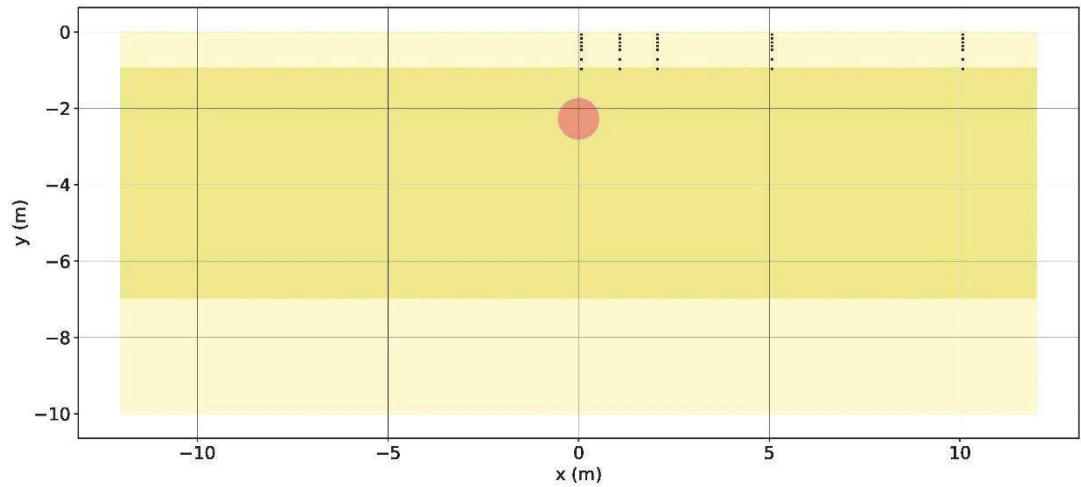
Punt	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
p1	4	6	8	11	13	18	19	19	15	12	7	6
p2	6	7	9	12	14	19	19	20	16	13	9	8
p4	9	10	11	14	15	19	20	21	18	15	11	10
p29	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	15	16	16	14	12	8	6

Tabel 4.9 Temperatuurverloop rekenpunten casus 2 zonder leiding.

Punt	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
p1	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p2	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	6	5
p4	5	5	7	9	10	15	16	16	14	12	7	6

4.3 Casus 3, DN1050 deklaag kleiig zand

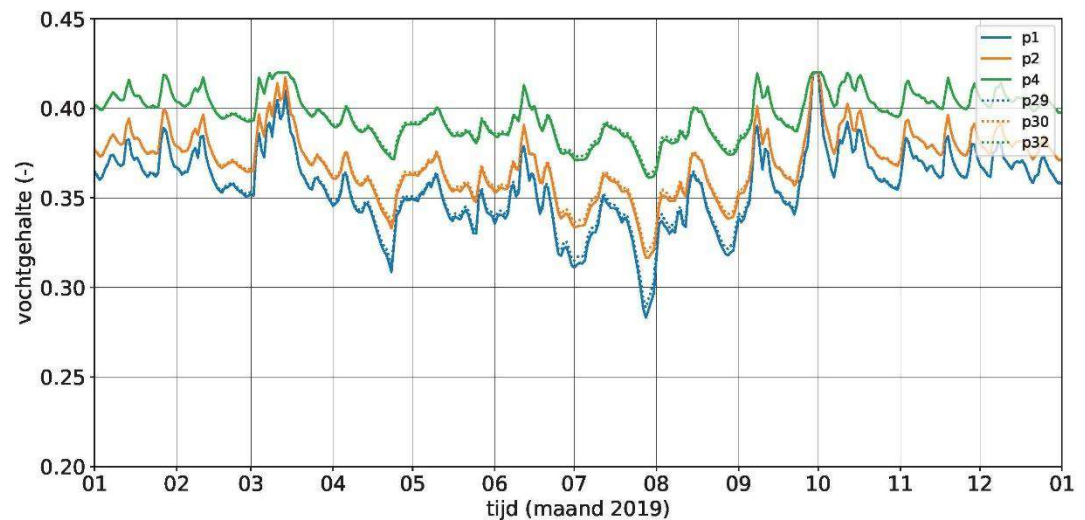
Volgens de beschrijving van deze casus bestaat de toplaag uit kleiig zand (ZandB3) tot een diepte van mv -1,00. Daaronder wordt matig grof zand aangetroffen uit de formatie van Naaldwijk (ZandO1) tot mv -7,00 en een laag van matig fijn zand uit de formatie van Boxtel (ZandO4) tot mv -10,00 m. De stijghoogte in het watervoerend pakket op een diepte van mv -10.0 m is mv -0,6 m. Het ondergrondprofiel is afgebeeld in Figuur 4.9.



Figuur 4.9 Ondergrondprofiel met rekenpunten casus 3.

De ontwikkeling van het vochtgehalte voor de geselecteerde rekenpunten is afgebeeld in Figuur 4.10. Uit de figuur volgt dat de leiding nagenoeg geen effect heeft op het bodemvocht. Het verzadigd vochtgehalte van de materialen ZandB3, ZandO1 en ZandO4 bedraagt respectievelijk 0,42, 0,35 en 0,36. De geselecteerde punten liggen in de ZandB3 laag.

De maandgemiddelde waarden van het vochtgehalte zijn weergegeven in Tabel 4.10 en Tabel 4.11. In augustus is de afname van het vochtgehalte direct boven de leiding op een diepte van 10 cm beneden maaiveld 5 %. De afname is 8 % op een diepte van 20 cm en 4 % op een diepte van 40 cm. Deze afnamen worden niet veroorzaakt door de leiding maar door wisselende atmosferische condities.



Figuur 4.10 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 3.

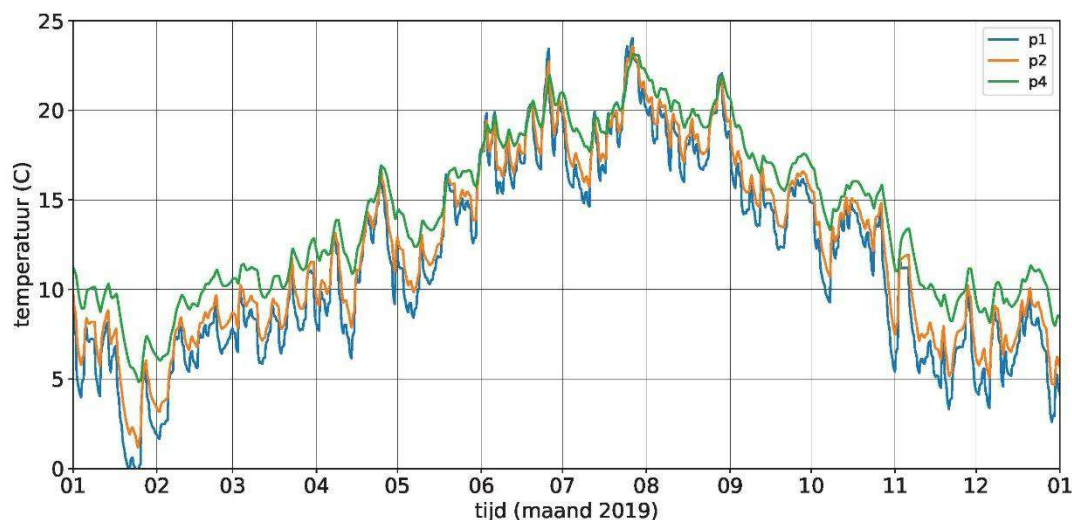
Tabel 4.10 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 3 met leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,37	0,36	0,37	0,34	0,35	0,34	0,32	0,34	0,36	0,37	0,37	0,37
p2	0,38	0,38	0,39	0,36	0,36	0,36	0,34	0,35	0,37	0,39	0,38	0,38
p4	0,41	0,40	0,41	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,40	0,41	0,41	0,40
p29	0,37	0,36	0,37	0,34	0,35	0,35	0,33	0,34	0,36	0,37	0,37	0,37
p30	0,38	0,38	0,39	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,38	0,39	0,38	0,38
p32	0,41	0,40	0,41	0,39	0,39	0,39	0,38	0,39	0,40	0,41	0,41	0,40

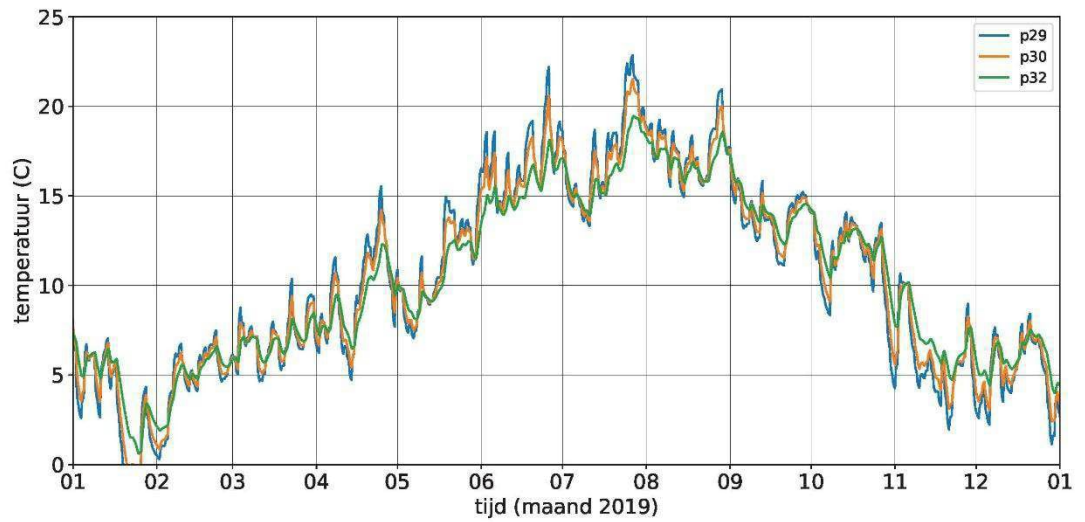
Tabel 4.11 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 3 zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,37	0,36	0,37	0,34	0,35	0,35	0,33	0,34	0,36	0,37	0,37	0,37
p2	0,38	0,38	0,39	0,36	0,36	0,36	0,34	0,35	0,38	0,39	0,38	0,38
p4	0,41	0,40	0,41	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,40	0,41	0,41	0,40

De ontwikkeling van de bodemtemperatuur voor de rekenpunten boven de leiding is afgebeeld in Figuur 4.11 en voor de punten 10 m ernaast in Figuur 4.12. De maandgemiddelde waarden van de temperatuur voor de berekening met waterstofleiding zijn weergegeven in Tabel 4.12 en de waarden voor het geval zonder leiding zijn opgenomen in Tabel 4.13. In augustus is de toename van de bodemtemperatuur door de waterstofleiding direct boven de leiding voor een diepteligging mv -10 cm, mv -20 cm en mv -40 cm respectievelijk 1°C, 2°C en 3°C.



Figuur 4.11 Temperatuurverloop rekenpunten casus 3 met leiding.



Figuur 4.12 Temperatuurverloop rekenpunten casus 3 zonder leiding.

Tabel 4.12 Temperatuurverloop rekenpunten casus 3 met leiding.

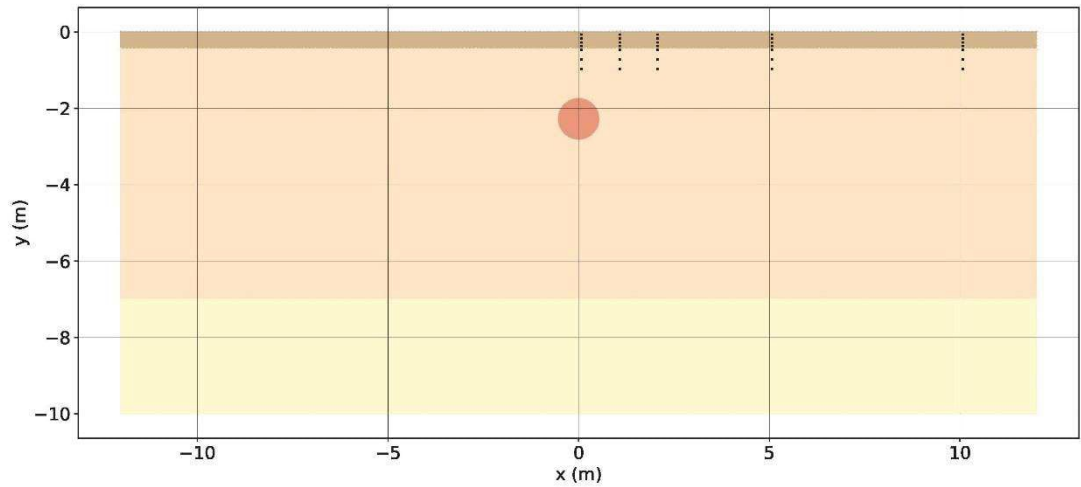
Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	6	8	11	13	18	19	19	15	12	7	6
p2	6	7	9	12	13	19	19	19	16	13	8	7
p4	8	9	11	14	15	19	20	20	17	15	10	10
p29	3	5	7	10	11	17	17	18	14	11	6	5
p30	3	5	7	9	11	16	17	17	14	12	6	5
p32	4	5	7	9	11	15	16	17	14	12	7	6

Tabel 4.13 Temperatuurverloop rekenpunten casus 3 zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	3	5	7	10	11	17	17	18	14	11	6	5
p2	3	5	7	9	11	16	17	17	14	11	6	5
p4	4	5	7	9	10	15	16	17	14	12	7	6

4.4 Casus 4a, DN1050 deklaag siltige klei

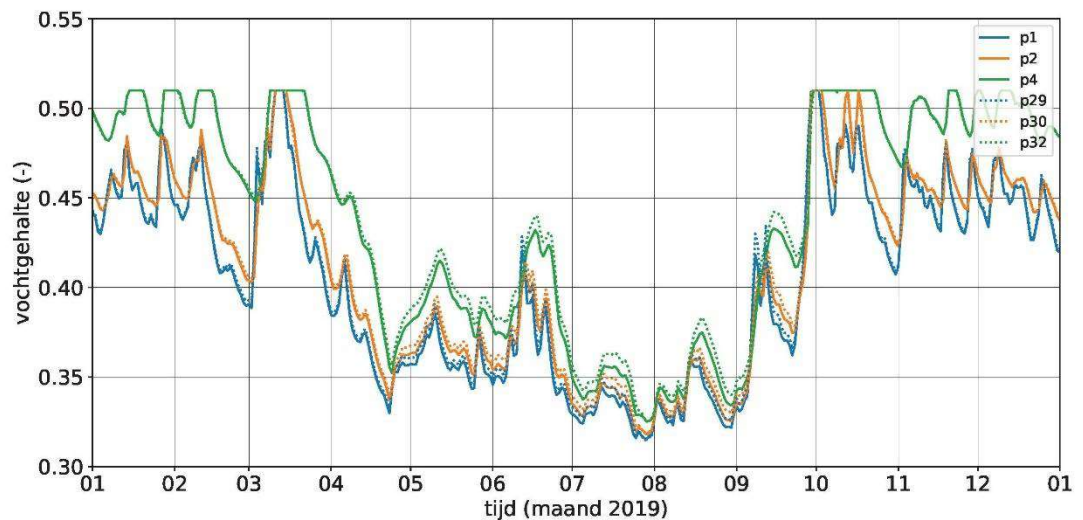
Voor casus 4a en cases 4b bestaat de toplaag uit siltige klei (KleiB11) tot een diepte van mv -0,40 en klei (KleiO12) tot een diepte van mv -7,00. Daaronder ligt een laag van matig fijn zand uit de formatie van Boxtel (ZandO4) tot een diepte van mv -10,00 m. De stijghoogte in het watervoerend pakket op een diepte van mv -10,0 m is mv -0,5 m. Het ondergrondprofiel, met de DN1050 leiding en de rekenpunten, is afgebeeld in Figuur 4.13.



Figuur 4.13 Ondergrondprofiel met rekenpunten casus 4a.

Het verzadigd vochtgehalte van de materialen KleiB11, KleiO12 en ZandO4 komt overeen met de porositeit en bedraagt respectievelijk 0,51, 0,57 en 0,36. De ontwikkeling van het vochtgehalte voor de geselecteerde rekenpunten is afgebeeld in Figuur 4.14. Alle rekenpunten bevinden zich in de bovenste grondlaag en de grond rond de diepst gelegen rekenpunten (p4 en p32) is volledig verzadigd gedurende aantal perioden in 2019.

De maandgemiddelde waarden van het vochtgehalte volgens een berekening met de waterstofleiding zijn weergegeven in Tabel 4.14. De resultaten van een berekening zonder leiding zijn opgenomen in Tabel 4.15. Uit de tabellen volgt dat de leiding nagenoeg geen effect heeft op het bodemvocht.



Figuur 4.14 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 4a.

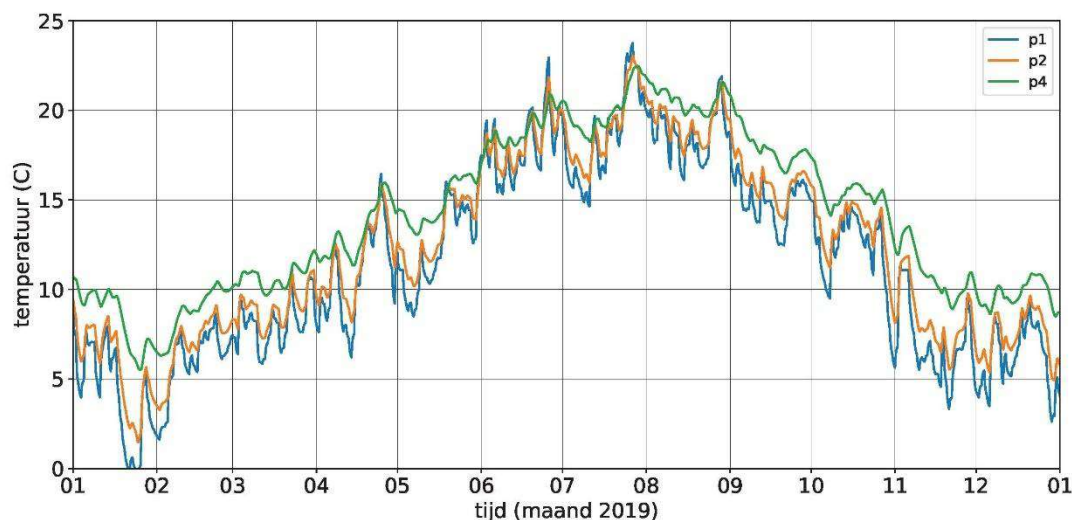
Tabel 4.14 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 4a met leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,36	0,33	0,34	0,39	0,46	0,45	0,45
p2	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,37	0,33	0,34	0,39	0,47	0,46	0,46
p4	0,50	0,49	0,49	0,41	0,39	0,40	0,34	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p29	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,40	0,46	0,45	0,45
p30	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,34	0,40	0,47	0,46	0,46
p32	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50

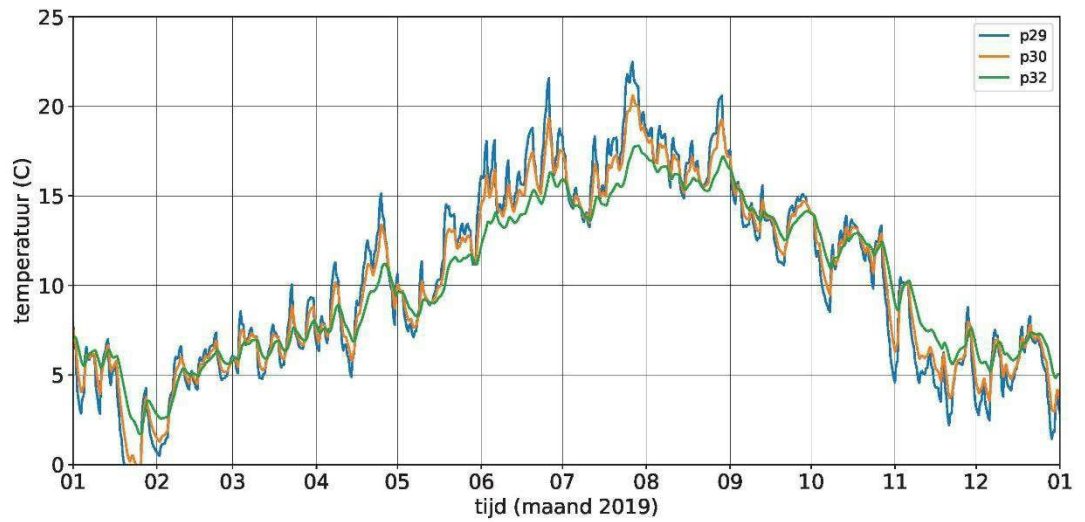
Tabel 4.15 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 4a zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,39	0,46	0,45	0,45
p2	0,46	0,45	0,46	0,38	0,37	0,37	0,34	0,34	0,39	0,47	0,46	0,46
p4	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,50	0,50

De ontwikkeling van de bodemtemperatuur voor de rekenpunten boven de leiding is afgebeeld in Figuur 4.15 en de bodemtemperatuur rond de punten op een afstand van 10 m ernaast is weergegeven in Figuur 4.16. De maandgemiddelde waarden van de temperatuur voor een berekening met waterstofleiding zijn verzameld in Tabel 4.16 en de waarden uit een berekening zonder leiding zijn opgenomen in Tabel 4.17. In augustus is de toename van de bodemtemperatuur door de waterstofleiding direct boven de leiding voor een diepteligging mv -10 cm, mv -20 cm en mv -40 cm respectievelijk 2°C, 2°C en 5°C.



Figuur 4.15 Temperatuurverloop rekenpunten casus 4a met leiding.



Figuur 4.16 Temperatuurverloop rekenpunten casus 4a zonder leiding.

Tabel 4.16 Temperatuurverloop rekenpunten casus 4a met leiding.

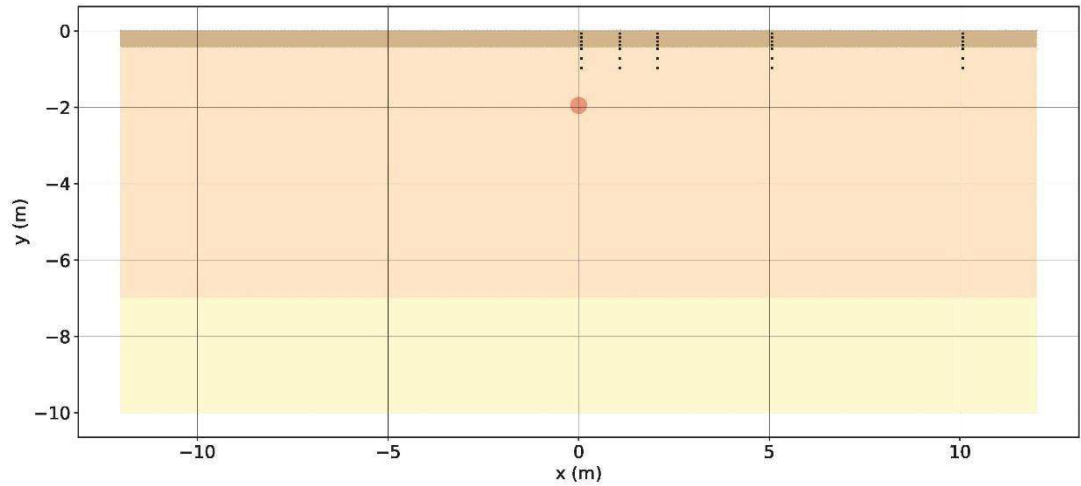
Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	6	8	11	12	18	19	19	15	12	7	6
p2	6	7	9	12	13	18	19	19	16	13	8	7
p4	8	9	11	13	15	19	20	21	18	15	11	10
p29	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	6

Tabel 4.17 Temperatuurverloop rekenpunten casus 4a zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p2	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	6	5
p4	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	6

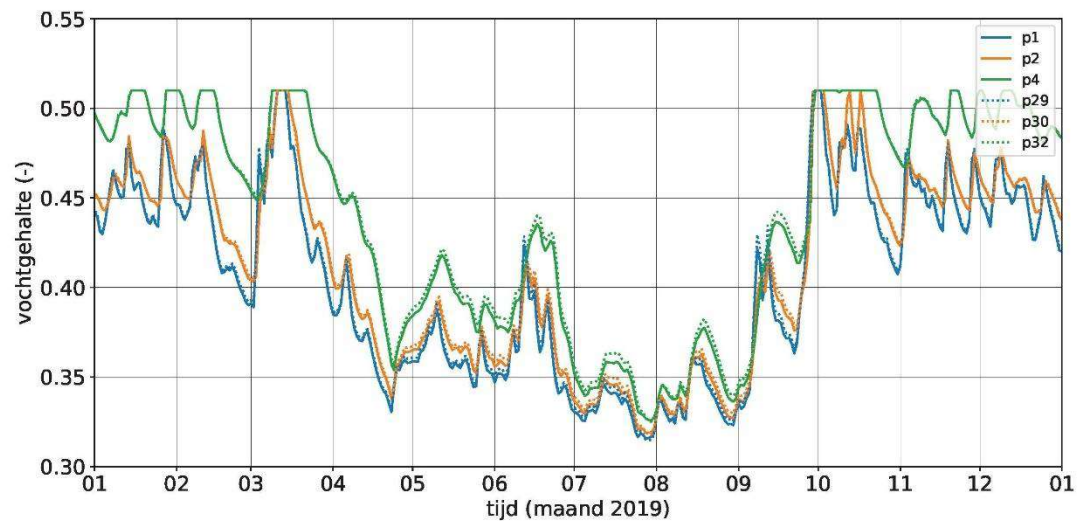
4.5 Casus 4b, DN400 deklaag siltige klei

De bodemopbouw voor deze casus komt overeen met de bodemopbouw van de voorgaande casus. De toplaag bestaat uit siltige klei (KleiB11) tot mv -0,40 en klei (KleiO12) tot mv -7,00 m. Daaronder ligt een pakket van matig fijn zand uit de formatie van Boxtel (ZandO4) tot mv -10,00 m. De stijghoogte in het watervoerend pakket op een diepte van mv -10.0 m is mv -0,5 m. Het ondergrondprofiel, met de DN400 leiding en de rekenpunten, is afgebeeld in Figuur 4.17.



Figuur 4.17 Ondergrondprofiel met rekenpunten casus 4b.

Het verzadigd vochtgehalte van de materialen KleiB11, KleiO12 en ZandO4 bedraagt respectievelijk 0,51, 0,57 en 0,36. De ontwikkeling van het vochtgehalte voor de geselecteerde rekenpunten is afgebeeld in Figuur 4.18. De maandgemiddelde waarden van het vochtgehalte zijn weergegeven in Tabel 4.18 en Tabel 4.19. Uit de tabellen en de figuur volgt dat de leiding nagenoeg geen effect heeft op het bodemvocht.



Figuur 4.18 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 4b.

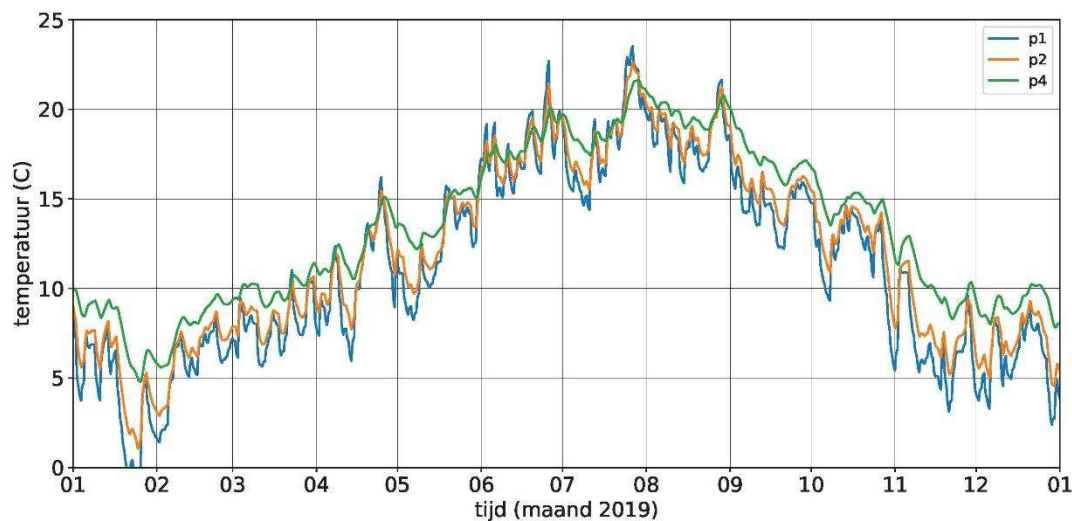
Tabel 4.18 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 4b met leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,39	0,46	0,45	0,45
p2	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,37	0,33	0,34	0,39	0,47	0,46	0,46
p4	0,50	0,49	0,49	0,41	0,39	0,40	0,34	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p29	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,40	0,46	0,45	0,45
p30	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,34	0,40	0,47	0,46	0,46
p32	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50

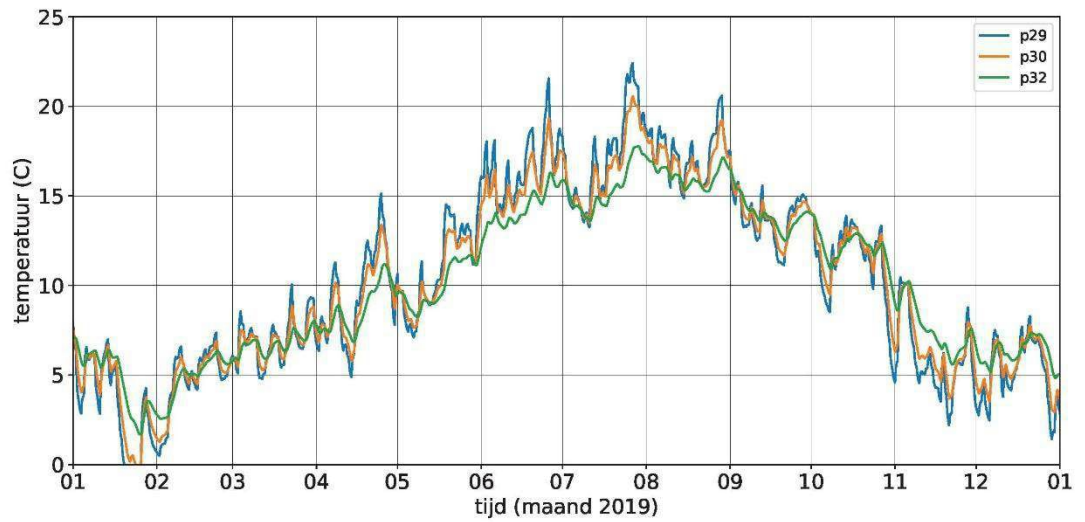
Tabel 4.19 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 4b zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,40	0,46	0,45	0,45
p2	0,46	0,45	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,34	0,40	0,47	0,46	0,46
p4	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50

De ontwikkeling van de bodemtemperatuur voor de rekenpunten boven de leiding is afgebeeld in Figuur 4.19 en voor de punten 10 m daarnaast in Figuur 4.20. Maandgemiddelde waarden van de berekende temperatuur met waterstofleiding zijn weergegeven in Tabel 4.20 en voor de situatie zonder leiding in Tabel 4.21. In augustus is de toename van de bodemtemperatuur door de waterstofleiding direct boven de leiding voor een diepteligging mv -10 cm, mv -20 cm en mv -40 cm respectievelijk 1°C, 2°C en 4°C. Op een afstand van 10 m naast de leiding komen de berekende bodemtemperaturen overeen met de resultaten van een berekening zonder leiding.



Figuur 4.19 Temperatuurverloop rekenpunten casus 4b met leiding.



Figuur 4.20 Temperatuurverloop rekenpunten casus 4b zonder leiding.

Tabel 4.20 Temperatuurverloop rekenpunten casus 4b met leiding.

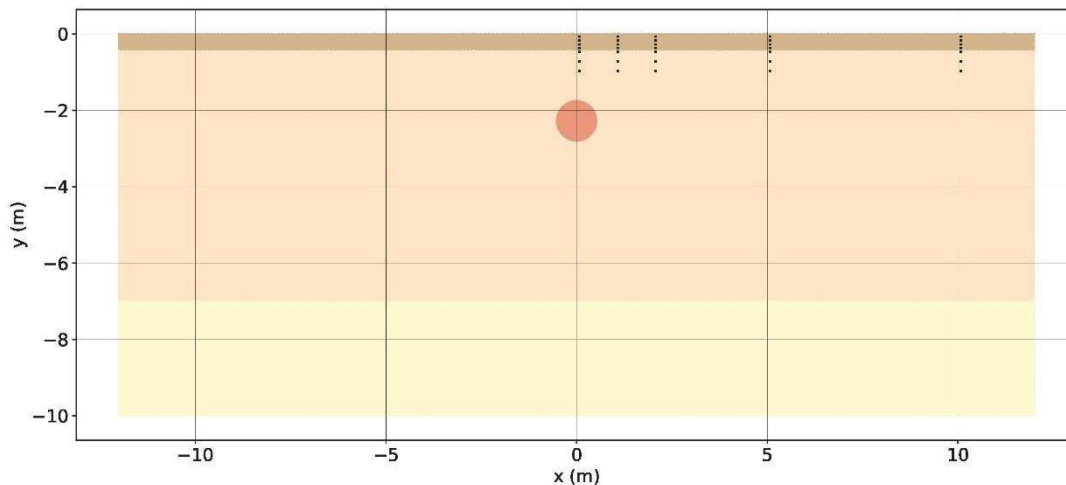
Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	6	8	11	12	18	18	18	15	12	7	6
p2	5	6	9	11	13	18	19	19	16	13	8	7
p4	8	8	10	12	14	18	19	20	17	15	10	9
p29	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	5
p32	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	6

Tabel 4.21 Temperatuurverloop rekenpunten casus 4b zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p2	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	6	5
p4	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	6

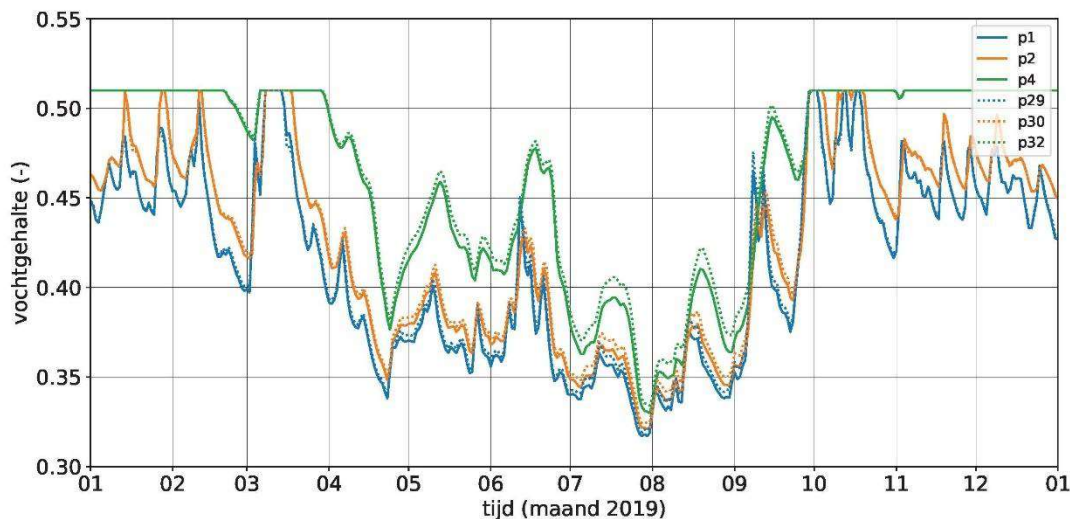
4.6 Casus 5, DN1050 deklaag siltige klei

Volgens deze casus bestaat de toplaag uit siltige klei (KleiB11) tot mv -0,40 m en klei uit de formatie van Naaldwijk (KleiO12) tot mv -7,00. Daaronder bevindt zich de formatie van Bortel met matig fijn zand (ZandO4) tot mv -10,00 m. De stijghoogte in het watervoerend pakket op een diepte van mv -10.0 m is mv -0,4 m. Het ondergrondprofiel is afgebeeld in Figuur 4.21.



Figuur 4.21 Ondergrondprofiel met rekenpunten casus 5.

Het verzadigd vochtgehalte van de materialen KleiB11, KleiO12 en ZandO4 bedraagt respectievelijk 0,51, 0,57 en 0,36. De ontwikkeling van het vochtgehalte voor de geselecteerde rekenpunten is afgebeeld in Figuur 4.22. Uit de figuur volgt dat de leiding nagenoeg geen effect heeft op het bodemvocht. De maandgemiddelde waarden van het vochtgehalte zijn weergegeven in Tabel 4.22 en Tabel 4.23.



Figuur 4.22 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 5.

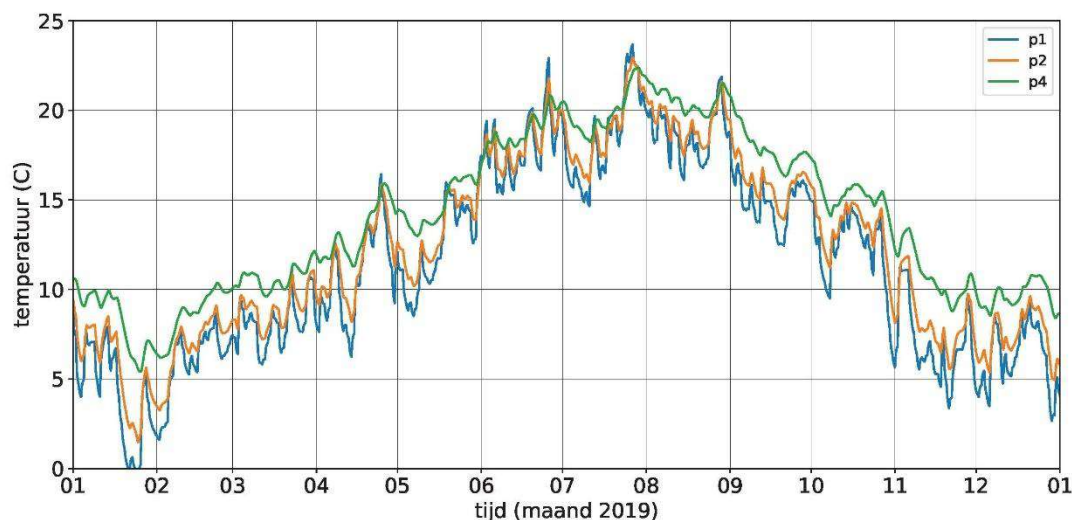
Tabel 4.22 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 5 met leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,35	0,41	0,47	0,46	0,45
p2	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,39	0,35	0,35	0,41	0,49	0,47	0,47
p4	0,51	0,51	0,51	0,44	0,43	0,44	0,37	0,37	0,45	0,51	0,51	0,51
p29	0,46	0,44	0,46	0,38	0,38	0,38	0,35	0,35	0,42	0,47	0,46	0,45
p30	0,47	0,46	0,47	0,39	0,39	0,39	0,35	0,36	0,42	0,49	0,47	0,47
p32	0,51	0,51	0,51	0,45	0,44	0,44	0,38	0,38	0,46	0,51	0,51	0,51

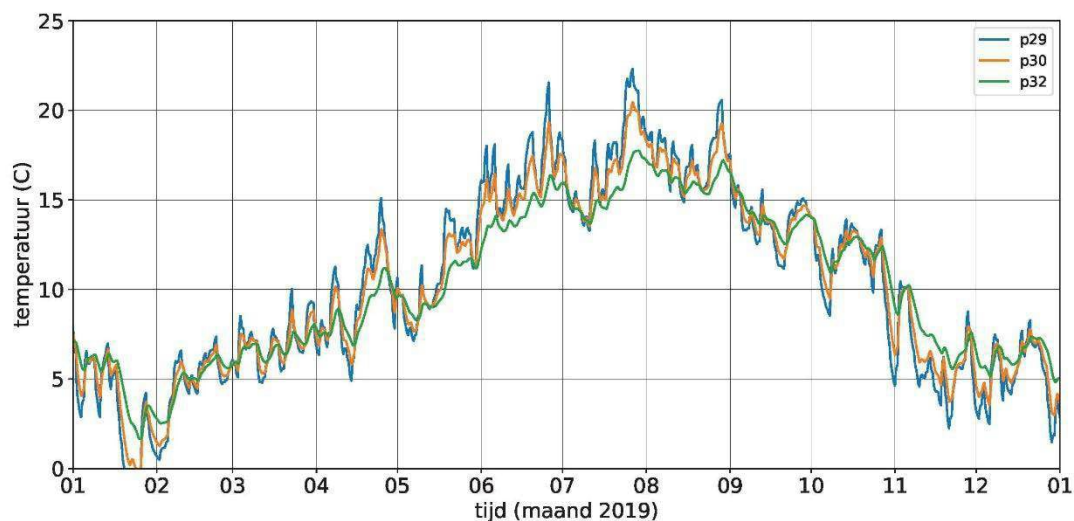
Tabel 4.23 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 5 zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,35	0,41	0,47	0,46	0,45
p2	0,47	0,46	0,47	0,39	0,39	0,39	0,35	0,36	0,42	0,49	0,47	0,47
p4	0,51	0,51	0,51	0,45	0,43	0,44	0,38	0,38	0,46	0,51	0,51	0,51

De ontwikkeling van de bodemtemperatuur voor de rekenpunten boven de leiding is afgebeeld in Figuur 4.23 en voor de punten 10 m daarnaast in Figuur 4.24. De maandgemiddelde waarden van de bodemtemperatuur zijn weergegeven in Tabel 4.24 en Tabel 4.25. In augustus is de toename van de bodemtemperatuur door de waterstofleiding direct boven de leiding voor een dieptelgging mv -10 cm, mv -20 cm en mv -40 cm respectievelijk 2°C, 2°C en 5°C.



Figuur 4.23 Temperatuurverloop rekenpunten casus 5 met leiding.



Figuur 4.24 Temperatuurverloop rekenpunten casus 5 zonder leiding.

Tabel 4.24 Temperatuurverloop rekenpunten casus 5 met leiding.

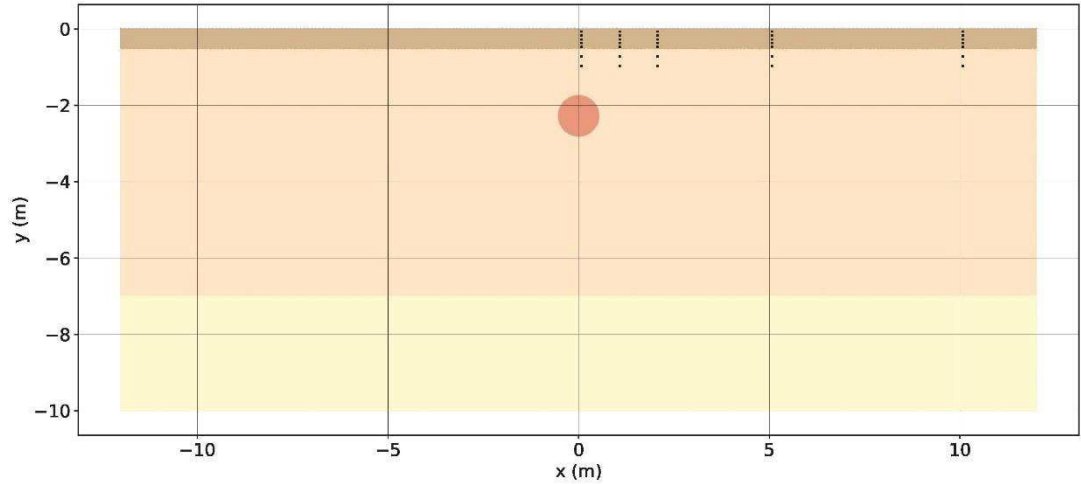
Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	6	8	11	12	18	19	19	15	12	7	6
p2	6	7	9	12	13	18	19	19	16	13	8	7
p4	8	9	11	13	15	19	20	21	18	15	11	10
p29	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	6

Tabel 4.25 Temperatuurverloop rekenpunten casus 5 zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	3	5	7	9	11	17	17	17	14	11	6	5
p2	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	5
p4	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	6

4.7 Casus 6a, DN1050 deklaag organische klei

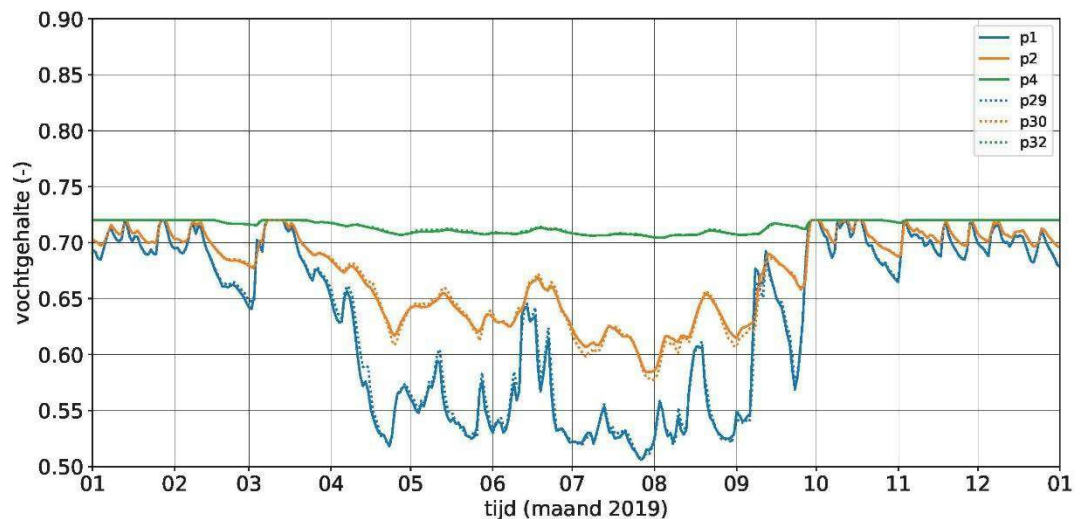
Volgens de profielbeschrijving van deze casus bestaat de toplaag uit organische klei (KleiB17) tot mv -0,50 m en veen (VeenO17) tot mv -3,00 m. Daaronder ligt een kleilaag (KleiO12) tot mv -7,00 m en een matig fijn zandpakket uit de formatie van Boxtel (ZandO4) tot mv -10,00 m. De stijghoogte in het watervoerend pakket op een diepte van mv -10,0 m is mv -0,4 m. Het ondergrondprofiel, de DN1050 leiding en de rekenpunten zijn afgebeeld in Figuur 4.25.



Figuur 4.25 Ondergrondprofiel met rekenpunten casus 6a.

De ontwikkeling van het vochtgehalte voor de geselecteerde rekenpunten is afgebeeld in Figuur 4.26. Het verzadigd vochtgehalte van KleiB17, waarbinnen de rekenpunten zijn gekozen, komt overeen met de porositeit en bedraagt 0,71. De grafiek laat zien dat de grond rond de punten p4 en p32, die zich 40 cm beneden maaiveld bevinden, verzadigd raakt aan het begin van de maand oktober.

De maandgemiddelde waarden van het vochtgehalte voor een berekening met de waterstofleiding zijn weergegeven in Tabel 4.26 en de waarden volgens de berekening zonder leiding zijn opgenomen in Tabel 4.27. Uit de tabellen volgt dat de leiding nagenoeg geen effect heeft op het bodemvocht.



Figuur 4.26 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 6a.

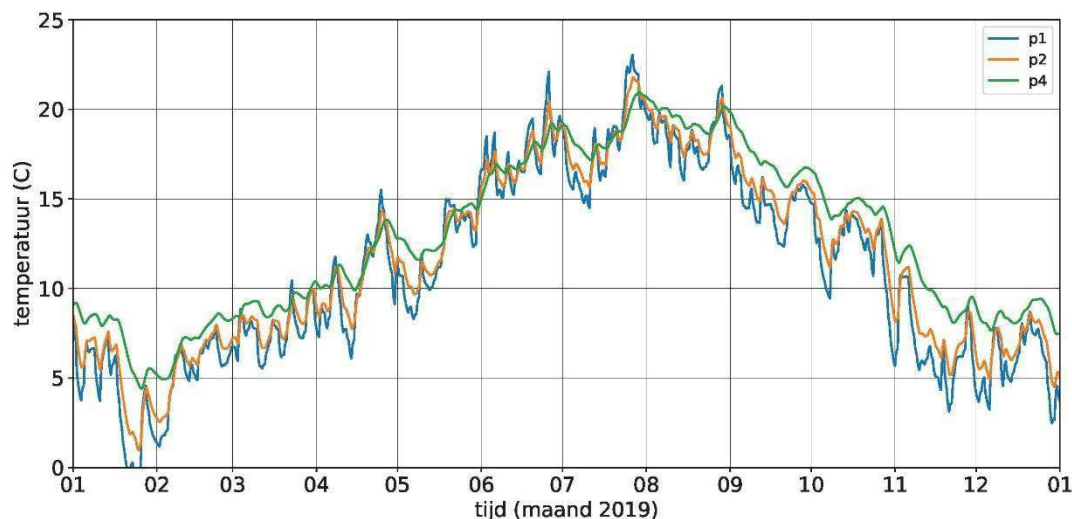
Tabel 4.26 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 6a met leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,70	0,68	0,69	0,58	0,55	0,57	0,52	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p2	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,64	0,61	0,62	0,67	0,71	0,71	0,71
p4	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p29	0,70	0,68	0,69	0,59	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p30	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,65	0,61	0,62	0,66	0,71	0,71	0,71
p32	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72

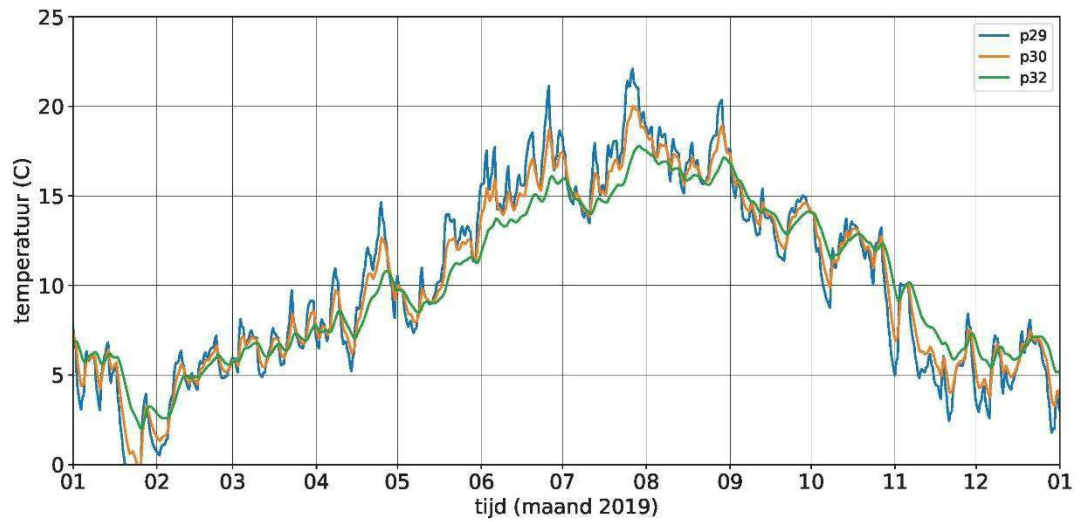
Tabel 4.27 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 6a zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,70	0,68	0,69	0,59	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p2	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,65	0,61	0,62	0,67	0,71	0,71	0,71
p4	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72

De ontwikkeling van de bodemtemperatuur voor de geselecteerde rekenpunten is afgebeeld in Figuur 4.27 en Figuur 4.28. De maandgemiddelde waarden van de temperatuur zijn weergegeven in Tabel 4.28 en Tabel 4.29. In augustus is de toename van de bodemtemperatuur door de waterstofleiding direct boven de leiding voor een diepteligging mv -10 cm, mv -20 cm en mv -40 cm respectievelijk 1°C, 2°C en 4°C.



Figuur 4.27 Temperatuurverloop rekenpunten casus 6a met leiding.



Figuur 4.28 Temperatuurverloop rekenpunten casus 6a zonder leiding.

Tabel 4.28 Temperatuurverloop rekenpunten casus 6a met leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	5	8	10	12	18	18	18	15	12	7	6
p2	5	6	8	11	12	17	18	19	16	13	8	7
p4	7	7	9	11	13	17	19	20	17	15	10	8
p29	3	5	7	9	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	14	16	16	14	12	8	6

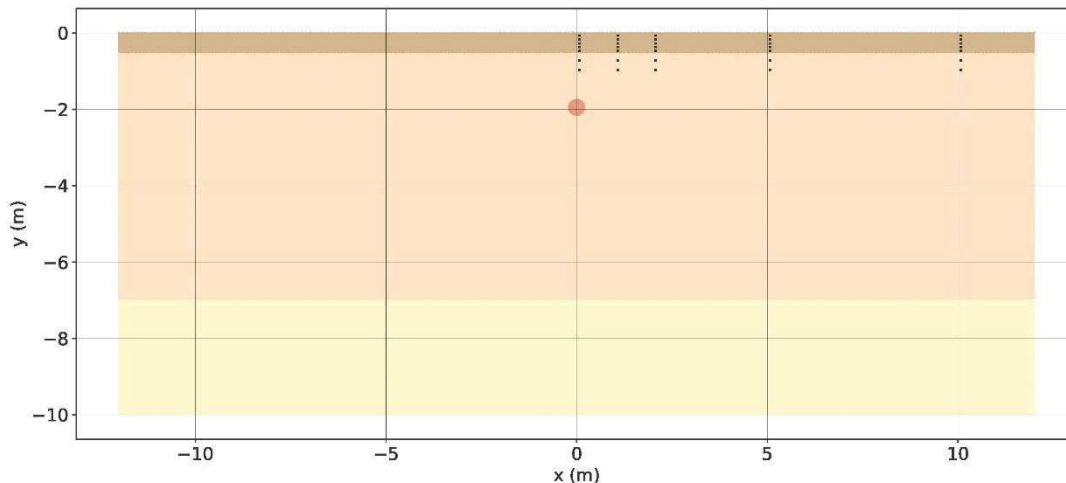
Tabel 4.29 Temperatuurverloop rekenpunten casus 6a zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	3	5	7	9	11	17	17	17	14	11	6	5
p2	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	5
p4	5	5	7	9	10	14	16	16	14	12	8	6

4.8 Casus 6b, DN400 deklaag organische klei

Conform casus 6a bestaat de toplaag van dit profiel uit organische klei (KleiB17) tot mv -0,50 m en veen (VeenO17) tot mv -3,00 m. Daaronder ligt een kleilaag (KleiO12) tot mv -7,00 m en een matig fijn zandpakket uit de formatie van Boxtel (ZandO4) tot mv -10,00 m. De stijghoogte in het watervoerend pakket op een diepte van mv -10.0 m is mv -0,4 m. Het ondergrondprofiel, de DN400 leiding en de rekenpunten zijn afgebeeld in Figuur 4.29

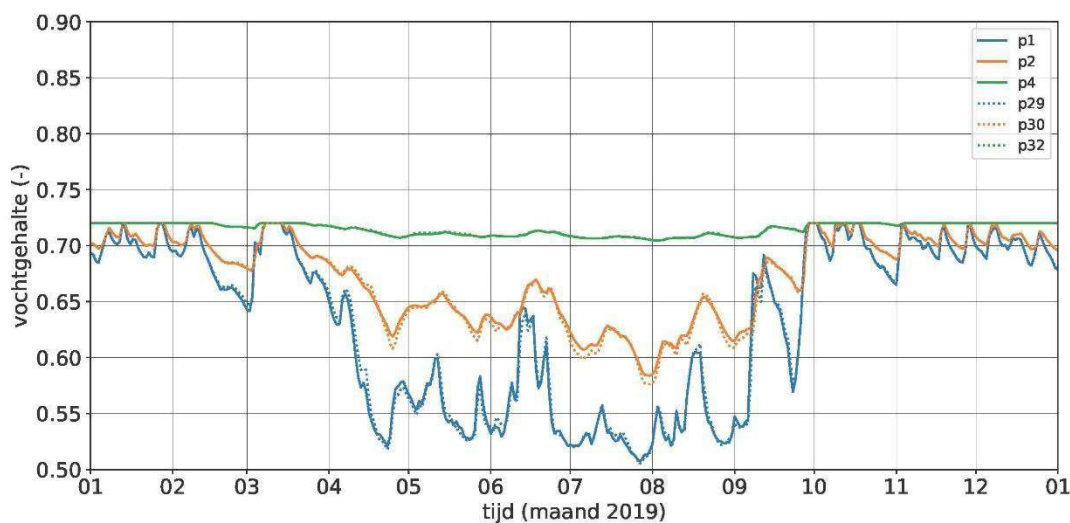
Ondergrondprofiel met rekenpunten casus 6b.



Figuur 4.29 Ondergrondprofiel met rekenpunten casus 6b.

Het verzadigd vochtgehalte van de materialen KleiB17, Veen017O1, KleiO12 en ZandO4 komt overeen met de porositeit en bedraagt respectievelijk 0,71, 0,89, 0,57 en 0,36. De ontwikkeling van het vochtgehalte voor de geselecteerde rekenpunten is afgebeeld in Figuur 4.30.

De maandgemiddelde waarden van het vochtgehalte zijn weergegeven in Tabel 4.30 en Tabel 4.31. In augustus is de afname van het vochtgehalte direct boven de leiding op een diepte van 10 cm beneden maaiveld 14 %. De afname is 11 % op een diepte van 20 cm beneden maaiveld en 10 % op een diepte van 40 cm beneden maaiveld. De afname is het gevolg van de natuurlijke variatie van de verdamping over het jaar 2019. De warmteafdracht van de leiding geeft geen additionele afname van het vochtgehalte.



Figuur 4.30 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 6b.

Tabel 4.30 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 6b met leiding.

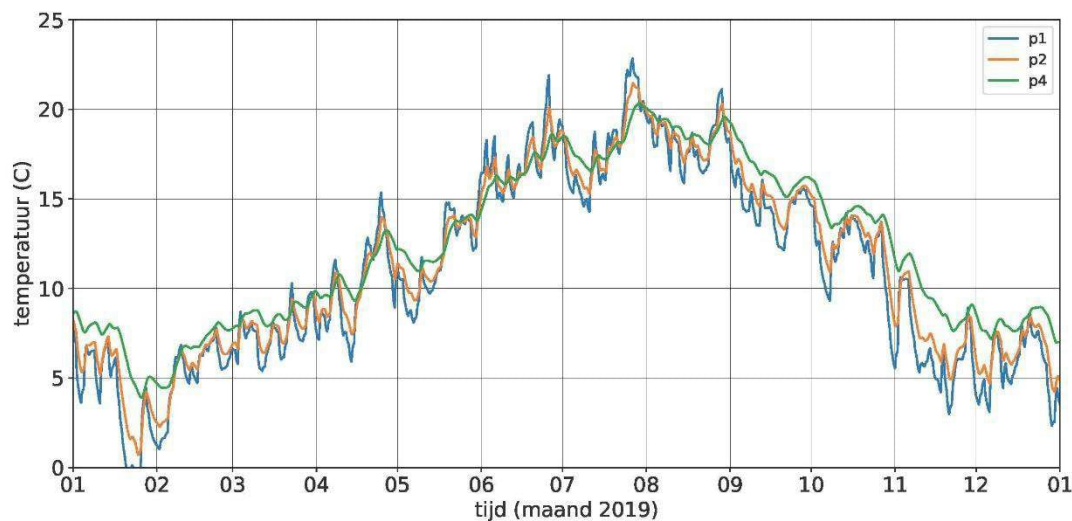
Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,70	0,68	0,69	0,58	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p2	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,65	0,61	0,62	0,66	0,71	0,71	0,71
p4	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p29	0,70	0,68	0,69	0,59	0,55	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p30	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,64	0,61	0,62	0,66	0,71	0,71	0,71
p32	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72

Tabel 4.31 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 6b zonder leiding.

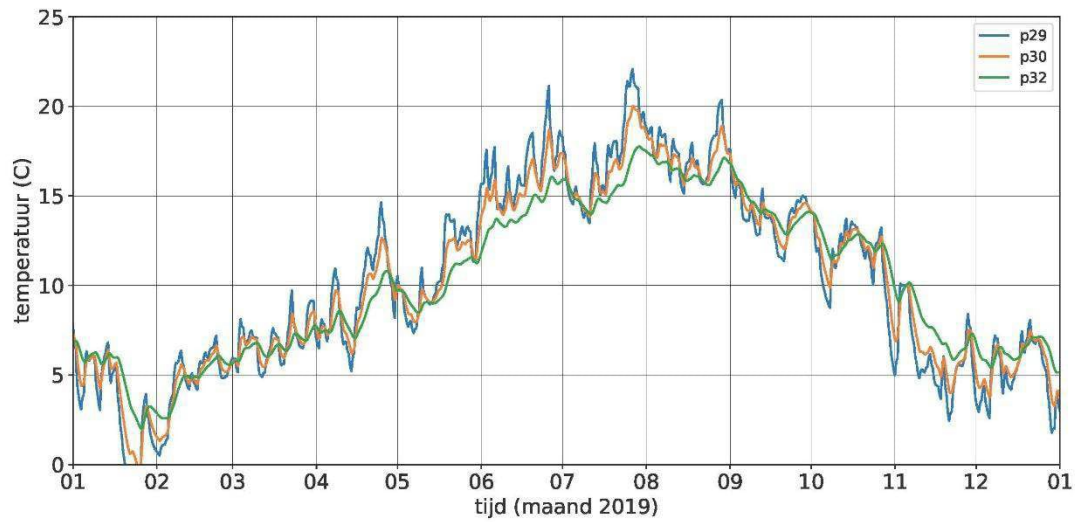
Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,70	0,68	0,69	0,59	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p2	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,65	0,61	0,62	0,67	0,71	0,71	0,71
p4	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72

De ontwikkeling van de bodemtemperatuur voor de geselecteerde rekenpunten is afgebeeld in Figuur 4.31 en Figuur 4.32.

Maandgemiddelde waarden van de temperatuur volgens een berekening met waterstofleiding zijn weergegeven in Tabel 4.32 en de resultaten van een berekening zonder leiding zijn opgenomen in Tabel 4.33. In augustus is de toename van de bodemtemperatuur door de waterstofleiding direct boven de leiding voor een diepteligging mv -10 cm, mv -20 cm en mv -40 cm respectievelijk 1°C, 2°C en 3°C. Zonder leiding is de maandgemiddelde variatie van de bodemtemperatuur gedurende het jaar 2019 op deze niveaus 14°C, 13°C en 11°C.



Figuur 4.31 Temperatuurverloop rekenpunten casus 6b met leiding.



Figuur 4.32 Temperatuurverloop rekenpunten casus 6b zonder leiding.

Tabel 4.32 Temperatuurverloop rekenpunten casus 6b met leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	5	7	10	12	17	18	18	15	12	6	6
p2	5	6	8	10	12	17	18	19	15	13	8	6
p4	7	7	9	11	13	17	18	19	17	14	10	8
p29	3	5	7	9	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	5
p32	5	5	7	9	10	14	16	16	14	12	8	6

Tabel 4.33 Temperatuurverloop rekenpunten casus 6b zonder leiding.

Punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	3	5	7	9	11	17	17	17	14	11	6	5
p2	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	5
p4	5	5	7	9	10	14	16	16	14	12	8	6

5 Gewasberekeningen

Het tweede deel van het onderzoek omvat modelberekeningen voor het vaststellen van de effecten van temperatuur- en bodemvochtveranderingen op de gewasopbrengst. De gewasopbrengsten zijn berekend en gerapporteerd door WUR (Wesseling (2023)). Deze landbouwkundige beschouwing is opgenomen in Bijlage C van dit rapport. Voor het bepalen van de gewasopbrengsten is gebruik gemaakt van het model CropGrowth. Als invoer dienen de drukhoogtes, vochtgehaltenes en bodemtemperaturen die zijn berekend met het programma DgFlow. De resultaten van de berekeningen zijn beschreven in het voorgaande hoofdstuk en zijn samengevat in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Maximale temperatuurtoename als gevolg van de waterstofleiding.

Casus	Leiding	Toplaag	Temperatuurtoename °C)		
			mv -0,1m	mv -0,2m	mv -0,4m
1	DN1050	zandige klei	2	3	5
2	DN1051	zandige klei	2	3	5
3	DN1052	kleilig zand	1	2	3
4a	DN1053	siltige klei	2	2	5
4b	DN400	siltige klei	1	2	4
5	DN1055	siltige klei	2	2	5
6a	DN400	organische klei	1	2	4
6b	DN1057	organische klei	1	2	3

Voor de invloed van het bodemvocht op de gewasgroei zijn parameterwaarden toegepast die bij Swap worden geleverd voor de verschillende gewassen. Een aantal functies zijn aan het model toegevoegd die de invloed van de bodemtemperatuur op de gewasgroei beschrijven. De parameters van deze functies zijn afgeleid uit literatuuronderzoek.

In het landbouwkundig onderzoek (Wesseling (2023)) zijn de directe gevolgen van de parameters bodemtemperatuur en vochtgehalte (en drukhoogte) op de gewas opbrengst berekend. Indirecte gevolgen zijn niet in de berekening meegenomen. Indirecte gevolgen door verschil in opkomstdata zoals onkruidbestrijding en ziekte- en schimmelbestrijding zijn niet beschouwd (zie bijlage C).

5.1 Gewasopbrengst ondergrondprofielen

De bodemtemperatuur- en vochtgehalteberekeningen laten zien dat het effect van de leiding op een afstand van 10 meter naast de leiding te verwaarlozen is. Bij de gewasberekeningen zijn de condities op deze afstand van de leiding daarom als de natuurlijk, zonder de aanwezigheid van de leiding, beschouwd. Met de gewasberekeningen zijn de gewasopbrengsten voor een strook van 20 meter bepaald. De opbrengst is berekend voor deze strook in kilogram droge stof per meter leidinglengte (Wesseling (2023)).

De opbrengst van gras voor de onderzochte casus is in Tabel 5.2 samengevat. De meeropbrengst varieert tussen 2,5 % en 4,6 %.

Tabel 5.2 Gewasopbrengsten gras.

Casus	Met leiding	Zonder leiding	Vershil
	(kg/m)	(kg/m)	(%)
1	26,95	25,75	4,64
2	26,89	25,82	4,16
3	26,67	25,90	2,96
4a	25,82	24,84	3,93
4b	25,63	24,79	3,38
5	26,13	25,20	3,67
6a	25,69	24,88	3,26
6b	25,48	24,86	2,49

In Tabel 5.3 zijn de berekende opbrengsten van aardappelen opgenomen. De tabel laat een variatie zien van -0,21 % (minderopbrengst) tot 1,80 % (meeropbrengst).

Tabel 5.3 Gewasopbrengsten aardappelen.

Casus	Met leiding	Zonder leiding	Vershil
	(kg/m)	(kg/m)	(%)
1	24,26	23,91	1,45
2	24,33	23,90	1,80
3	24,55	24,60	-0,21
4a	24,04	24,05	-0,05
4b	24,06	24,05	0,04
5	24,13	23,80	1,40
6a	23,89	23,65	1,00
6b	23,81	23,65	0,68

Tabel 5.4 geeft de opbrengsten voor suikerbieten weer. Voor dit gewas varieert de meeropbrengst tussen 0,89 % tot 3,09 %.

Tabel 5.4 Gewasopbrengsten suikerbieten.

Casus	Met leiding	Zonder leiding	Vershil
	(kg/m)	(kg/m)	(%)
1	22,02	21,36	3,09
2	21,86	21,38	2,25
3	21,75	21,54	0,98
4a	21,76	21,37	1,83
4b	21,65	21,34	1,43
5	22,00	21,55	2,06
6a	21,78	21,46	1,46
6b	21,65	21,46	0,89

De opbrengst van graan varieert tussen -1.06 % (minderopbrengst) en 1,72 % (meeropbrengst). De gewasopbrengsten voor graan zijn opgenomen in Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Gewasopbrengsten graan.

Casus	Met leiding (kg/m)	Zonder leiding (kg/m)	Verskil (%)
1	7,85	7,93	-1,02
2	7,84	7,93	-1,06
3	7,93	7,98	-0,61
4a	7,66	7,64	0,27
4b	7,69	7,63	0,71
5	7,73	7,68	0,67
6a	7,80	7,67	1,72
6b	7,78	7,66	1,53

5.2 Gewasopbrengst leidingsegmenten

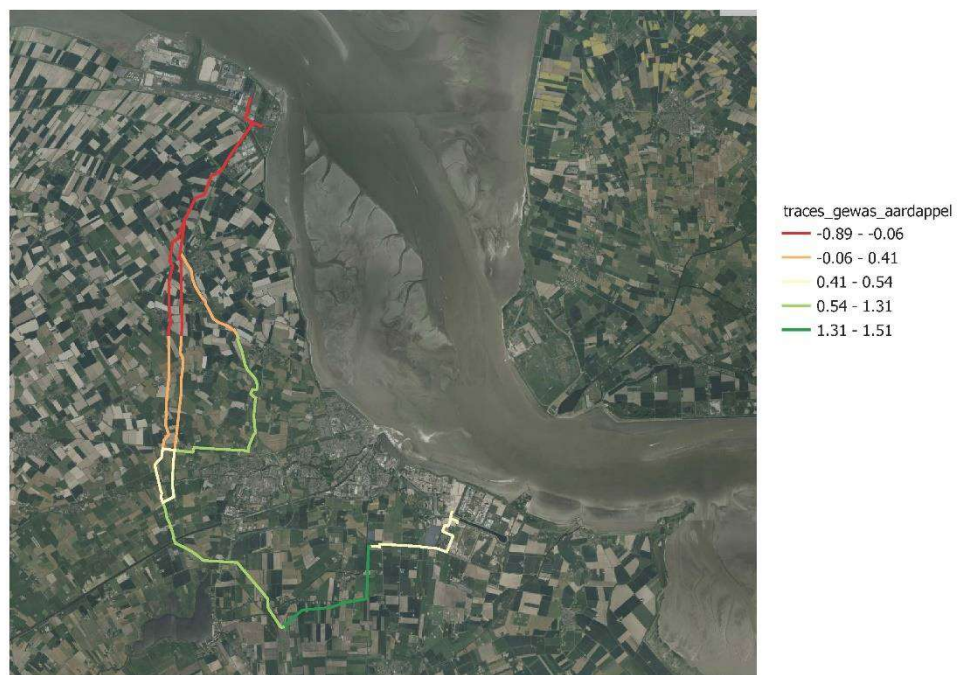
Voor de leidingsegmenten die in Figuur 3.1 zijn afgebeeld is de gewasopbrengst berekend, gegeven de kans op voorkomen van een ondergrondprofiel volgens Tabel 3.7. De resultaten van deze berekening zijn opgenomen in Tabel 5.6 en grafisch weergegeven in Figuur 5.1 tot en met Figuur 5.4.

Tabel 5.6 Meer en minderopbrengst per leidingsegment.

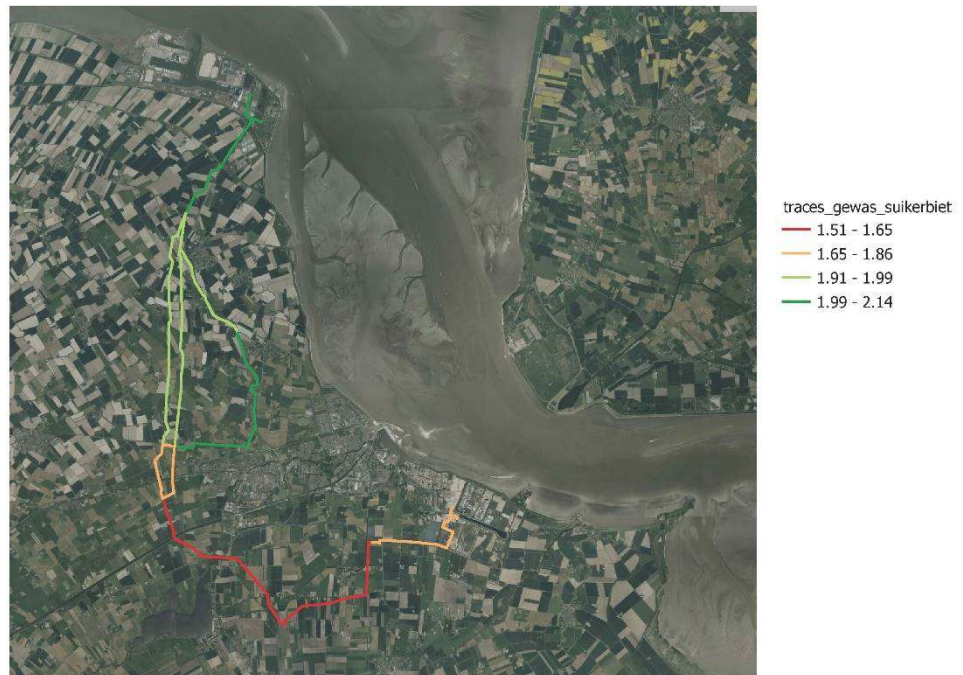
Segment	Gras	Aardappel	Suikerbiet	Graan
A	3.93	0.96	2.14	-0.89
B1	3.98	0.41	1.93	-0.06
B2	3.98	0.41	1.93	-0.06
B3	3.97	0.32	1.91	0.01
C1	3.84	0.46	1.91	0.41
C2	3.84	0.46	1.91	0.41
C3	3.75	0.97	1.99	0.55
C4	3.58	1.14	1.86	0.94
D1	3.78	0.49	1.86	0.54
D2	3.78	0.49	1.86	0.54
E	3.43	1.00	1.65	1.31
F	2.63	2.63	2.63	2.63
G	3.29	3.29	3.29	3.29



Figuur 5.1 Opbrengst gras als gevolg van de leiding (%).



Figuur 5.2 Opbrengst aardappelen als gevolg van de leiding (%).



Figuur 5.3 Opbrengst suikerbiet als gevolg van de leiding (%).



Figuur 5.4 Opbrengst graan als gevolg van de leiding (%).

6 Conclusies

Voor het transport van waterstof door het waterstofnetwerk Groningen wordt een nieuwe leiding aangelegd in het tracé Eemshaven – Tjuchem en het tracé Tjuchem – Delfzijl. Een mogelijk knelpunt bij de aanleg vormt de relatief hoge temperatuur van het waterstof in de leiding direct na de productie en onderzoek moet uitwijzen wat de effecten van de leidingen op de gewassen zijn op de percelen waar de leiding gaat worden aangelegd. In het voorliggende onderzoek is uitgegaan van het transport van waterstofgas met een constante temperatuur van 30°C door een stalen buisleiding. In werkelijkheid zal de temperatuur van het waterstofgas langzaam dalen bij een grotere verblijftijd in de leiding.

De ligging van het leidingtracé Eemshaven – Tjuchem is nog niet definitief vastgelegd. Er is een basistracé als basisalternatief gekozen. Een alternatief tracé volgt de N33 en het tweede alternatief volgt een bestaand tracé van een waterleiding. Voor het transport van waterstof via het leidingtracé Eemshaven – Tjuchem zal een DN 1050 worden aangelegd. Vanuit Tjuchem wordt het waterstof door een aan te leggen DN 400 leiding naar de haven van Delfzijl getransporteerd.

Dit rapport beschrijft het onderzoek naar de opwarming van de grond rond de nieuw aan te leggen leiding, de verandering van het bodemvochtgehalte en de effecten van de leiding op de gewasopbrengsten in het agrarische gebied. De opwarming van de grond en de effecten op de omgeving zijn vastgesteld met modelberekeningen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor situaties die voor komen ter plaatse van de leidingtracés. Per situatie varieert de opeenvolging van grondlagen, de grondwaterstand en de stijghoogte in het watervoerende pakket. Ook de leidingdiameters zijn per tracédeel verschillend.

Uit het onderzoek volgt dat de temperatuuroptocht door de leiding op een diepte van 10 cm beneden maaiveld maximaal 2°C is. Op een diepte van 20 cm beneden maaiveld blijft de toename beperkt tot 3°C en 40 cm beneden maaiveld is de toename van de temperatuur maximaal 5°C. Op een afstand van 10 m naast de leiding komen de berekende bodemtemperaturen met leiding overeen met de resultaten van een berekening zonder leiding. Door de hogere bodemtemperaturen neemt de verdamping vanuit de bodem naar de atmosfeer enigszins toe. De waterstofleiding heeft echter geen duidelijk effect op de ontwikkeling van het vochtgehalte in de bodem. De additionele verdamping wordt gecompenseerd door aanvulling vanuit de diepere grondlagen.

De bodemtemperatuur- en vochtgehalteberekeningen laten zien dat het effect van de leiding op een afstand van 10 meter naast de leiding te verwaarlozen is. Bij de gewasberekeningen zijn de condities op deze afstand van de leiding daarom als de natuurlijk omstandigheid beschouwd. Met de gewasberekeningen zijn de gewasopbrengsten voor een strook van 20 meter bepaald. De meeropbrengst is berekend voor deze strook in kilogram droge stof per meter leidinglengte.

Uitgangspunt bij deze berekening is dat het gewas wordt geoogst op het moment dat de oogst bij het niet door de leiding beïnvloede gebied plaatsvindt. Bij de berekening zijn de directe gevolgen voor de gewassen door de temperatuur en vochtgehalte verandering berekend. Indirecte gevolgen zoals onkruidbestrijding en ziekte- en schimmelbestrijding zijn niet in de berekening meegenomen.

De berekende meeropbrengst van gras varieert tussen 2,5 % en 4,6 %. Voor aardappelen wordt een maximale minderopbrengst van 0,21 % berekend en is de maximale meeropbrengst 1,80 %. Voor suikerbieten varieert de meeropbrengst tussen 0,89 % tot 3,09 % en voor graan wordt een maximale minderopbrengst van 1,06 % en een meeropbrengst van 1,72 % gevonden.

7 Aanbevelingen

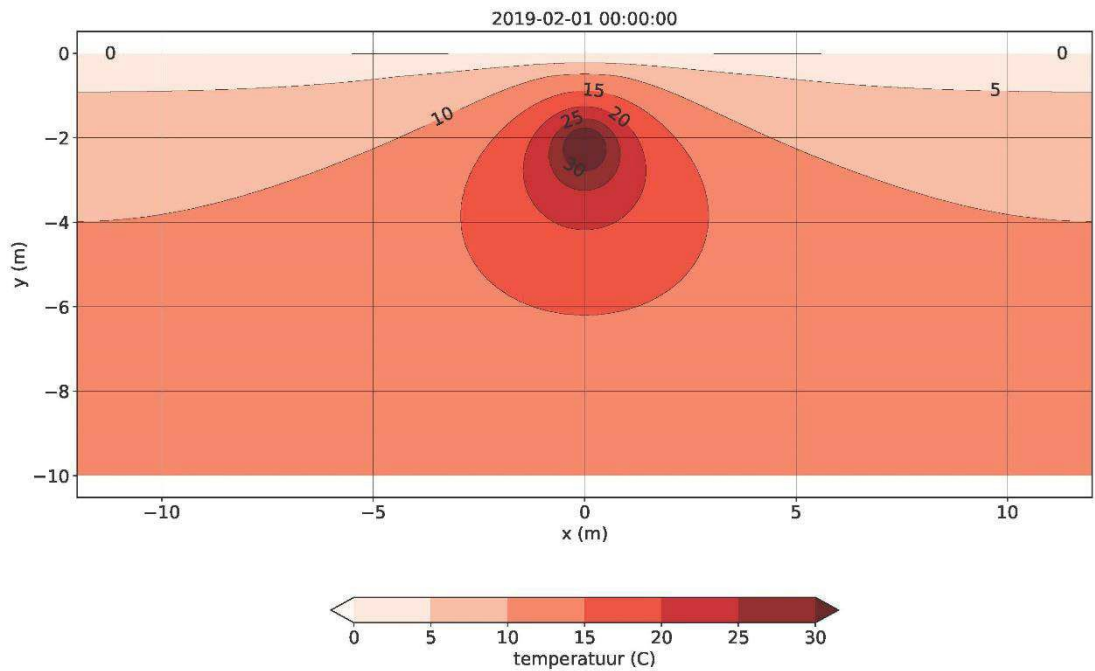
De eigenschappen van de ondergrond bij dit onderzoek zijn afgeleid uit literatuuronderzoek en eerdere studies. Aanbevolen wordt om de thermische eigenschappen van de ondergrond voor de onderzochte locaties in het lab bij verschillende vochtgehalten (relatie thermische geleidbaarheid-verzadigingsgraad – zuigspanning – doorlatendheid) te bepalen. Op basis van de uitkomsten van het labonderzoek kunnen de berekeningen die in dit rapport zijn gepresenteerd nauwkeuriger worden uitgevoerd.

Het uitvoeren met metingen van de temperatuur en het bodemvochtgehalte voorafgaand aan de aanleg van de warmteleidingen is eveneens nuttig. De initiële condities kunnen dan beter worden vastgesteld, waarmee het rekenmodel voor deze eerste rekenstap kan worden gevalideerd. Hiervoor zouden de meetlansen die in een eerder project zijn gemaakt kunnen worden hergebruikt.

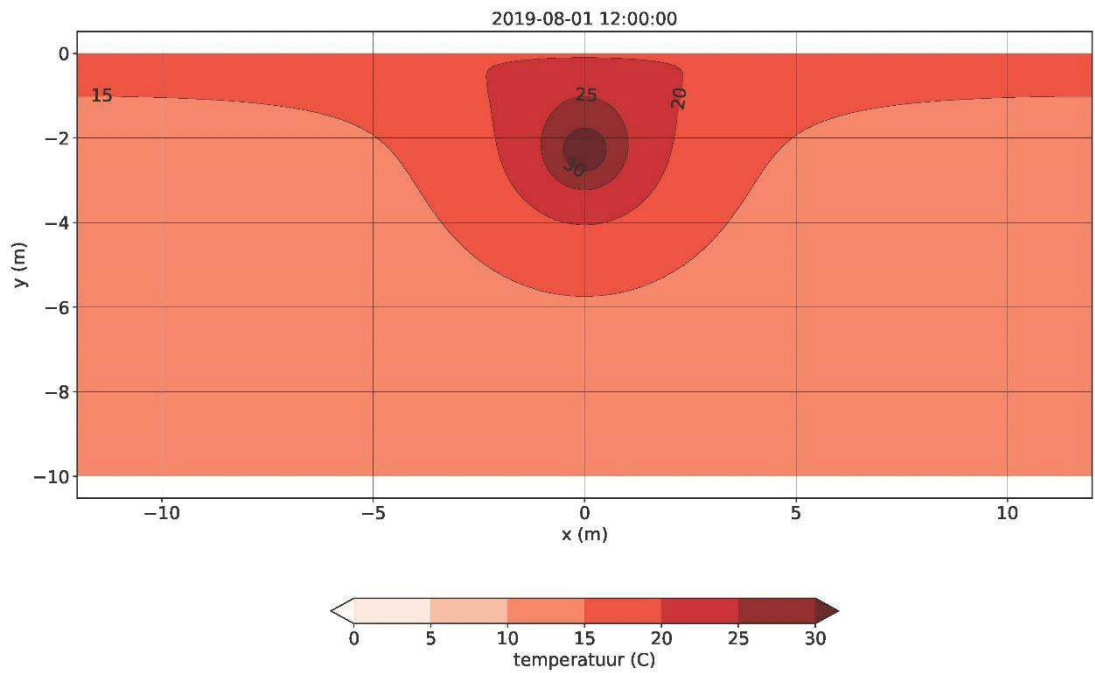
Literatuur

- “Daggegevens van het weer in Nederland.” <http://projects.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/selectie.cgi>. Accessed: 06-01-2021.
- Al-Khoury, R., 2017. Computational Modeling of Shallow Geothermal Systems. CRC Press.
- Kroes, J. en J. Van Dam, 2017. SWAP version 4, Theory description and user manual. Wageningen University and Research.
- TNO, 2020. “dinoloket, ondergrondgegevens, <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>.”
- Van Esch, J. en H. Kruse, 2020. “Thermal effects of heat supply pipelines on their surroundings; model development and validation.” Deltares report 11205411-001-GEO-001.
- Wesseling, J., 2023. “Invloed van de waterstofleiding Eemshaven-Tjuchem-Delfzijl op de gewasopbrengst.” Wageningen Environmental Software Rapport 8.
- Wosten, J., G. Veerman, W. De Groot en J. Stolte, 2013. “Water retention and hydraulic conductivity functions of top- and subsoil in the Netherlands: The Staring Series.” Alterra report 153.
- M. Hijma, K.Lam, 2015, Globale stochastische ondergrondschematisatie (WTI-SOS) voor primaire waterkeringen, Deltares rapport 1209432.
- DAM (Dijksterkte Analyse Module), <https://www.deltares.nl/software-en-data/producten/dam-dijksterkte-analyse-module>, Accessed: 31-1-2024.

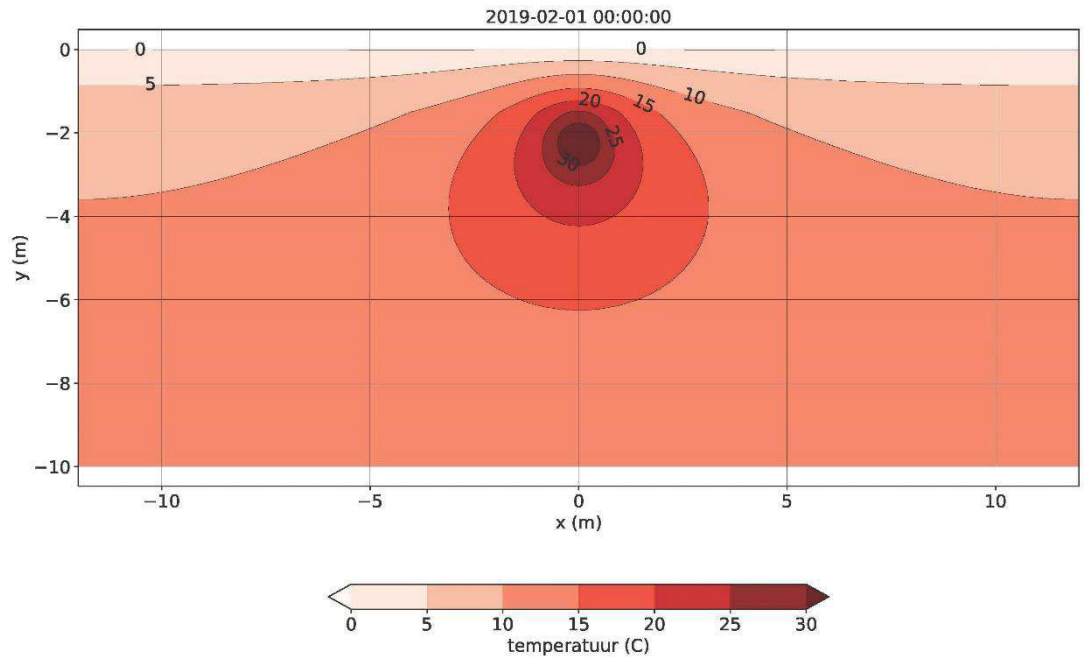
A Temperatuurverloop ondergrond



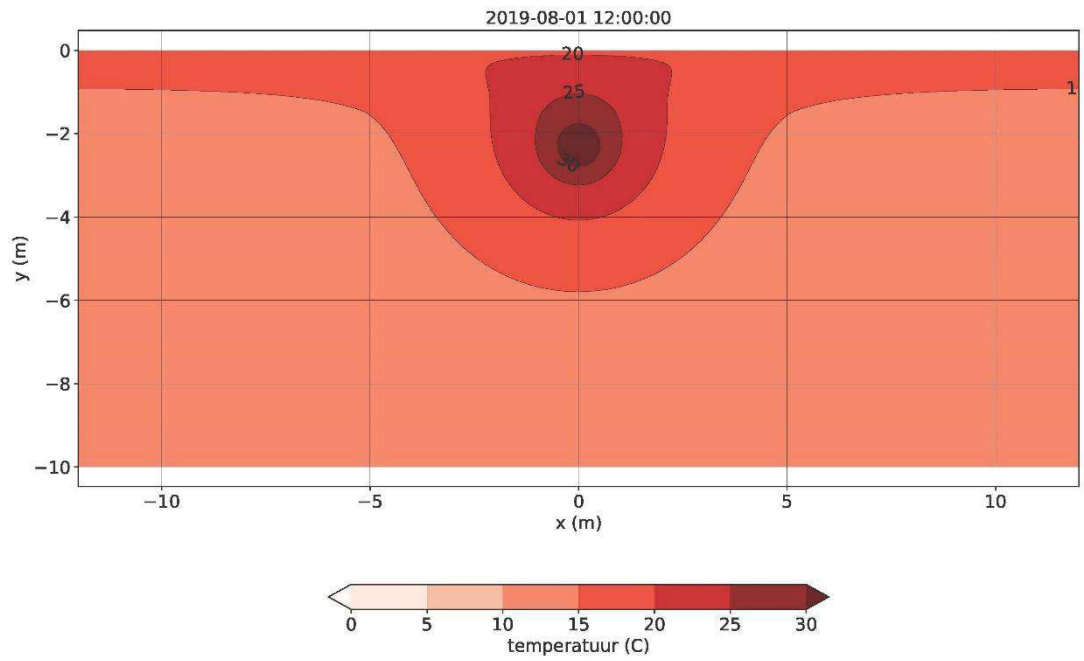
Figuur A.1 Temperatuurverloop ondergrond casus 1, 1 februari 2019.



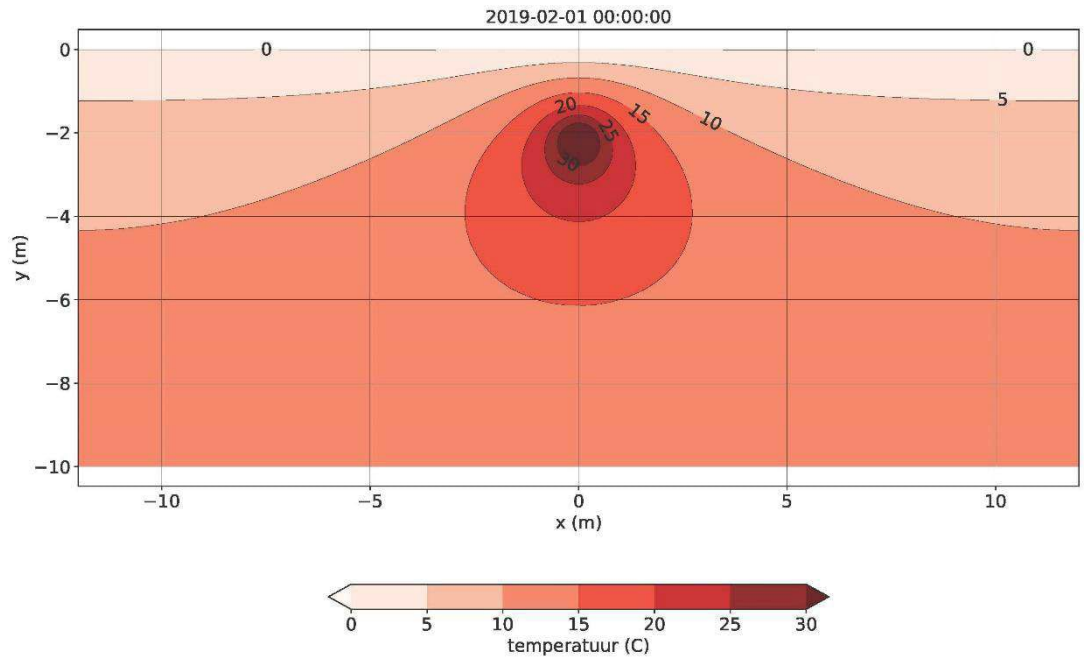
Figuur A.2 Temperatuurverloop ondergrond casus 1, 1 augustus 2019.



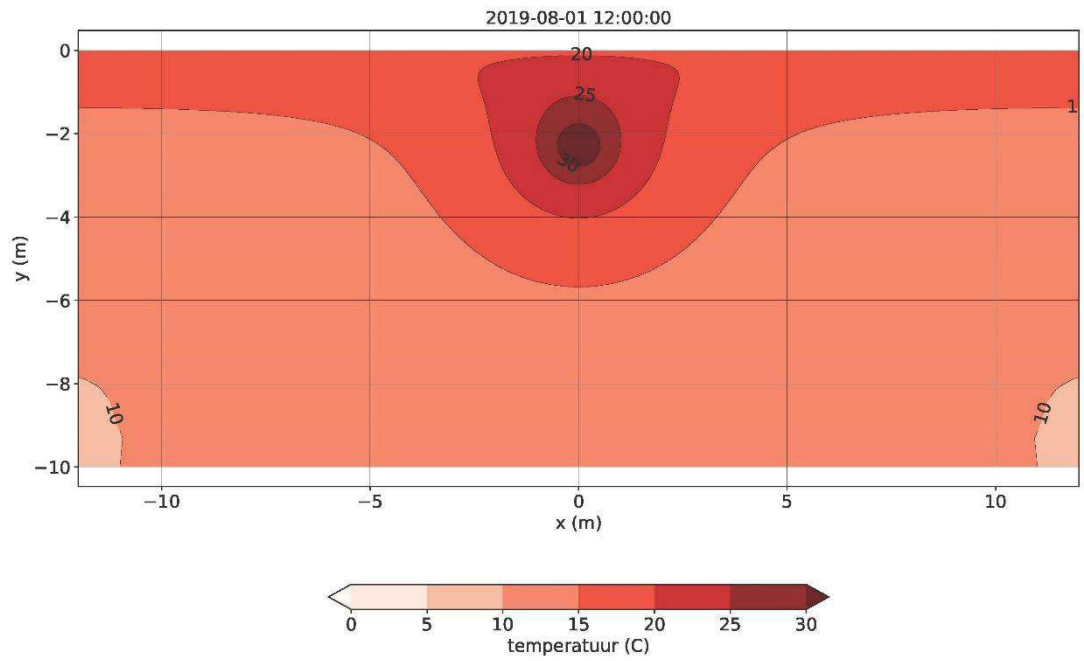
Figuur A.3 Temperatuurverloop ondergrond casus 2, 1 februari 2019.



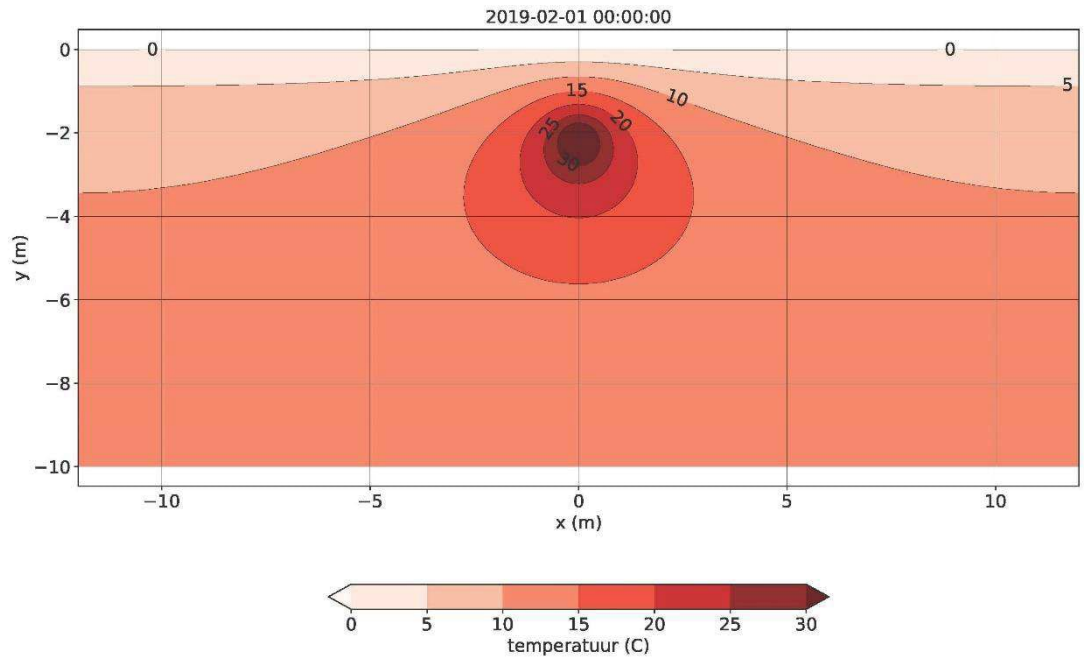
Figuur A.4 Temperatuurverloop ondergrond casus 2, 1 augustus 2019.



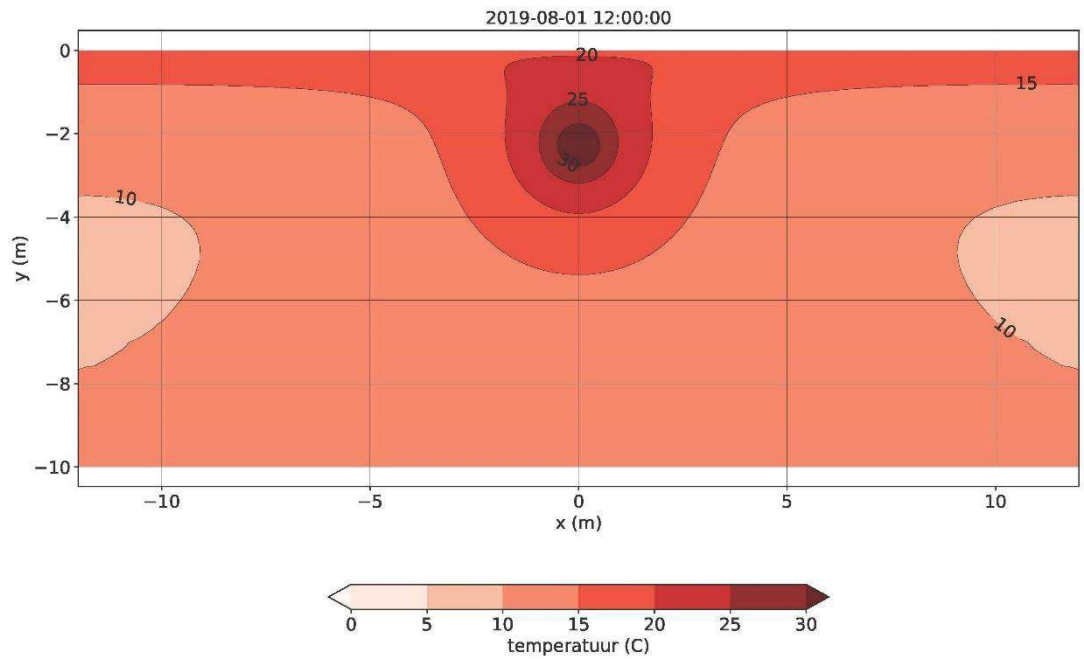
Figuur A.5 Temperatuurverloop ondergrond casus 3, 1 februari 2019.



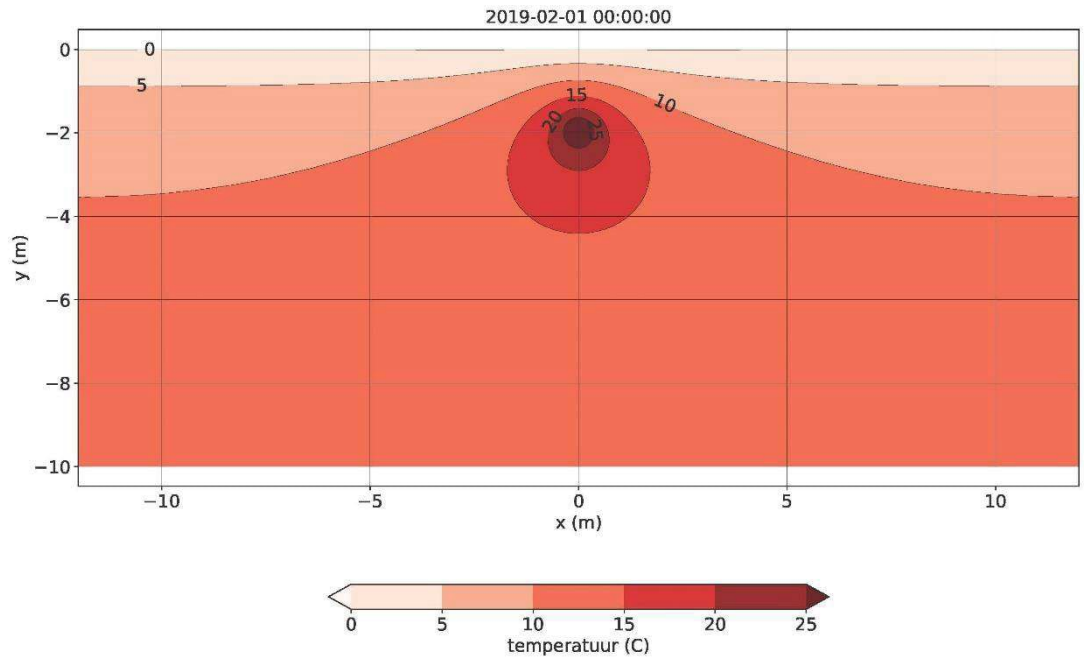
Figuur A.6 Temperatuurverloop ondergrond casus 3, 1 augustus 2019.



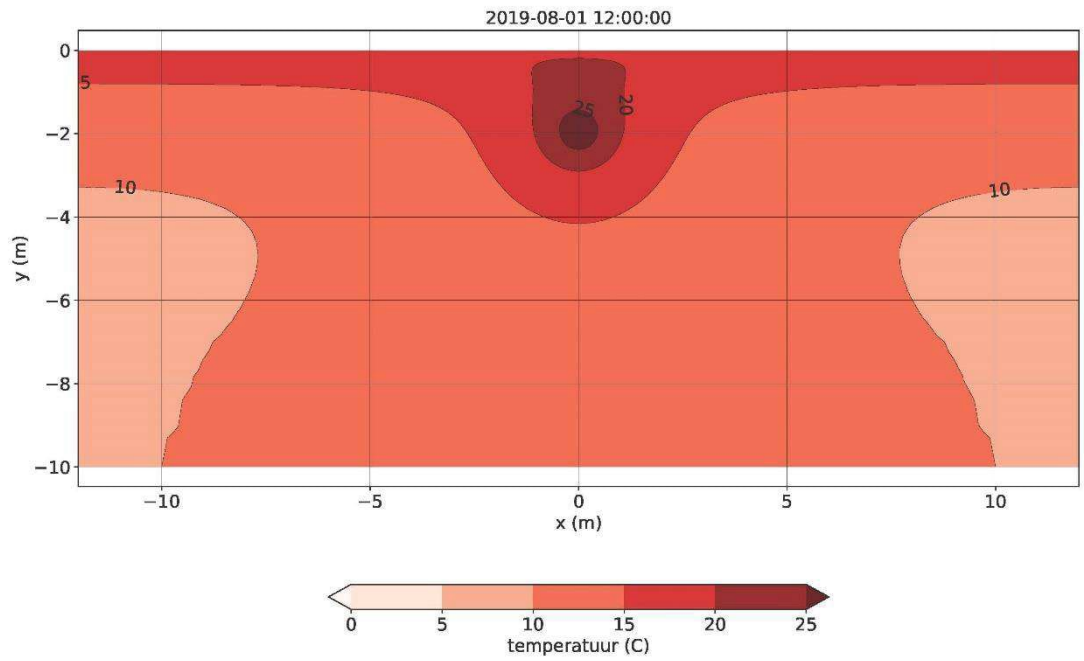
Figuur A.7 Temperatuurverloop ondergrond casus 4a, 1 februari 2019.



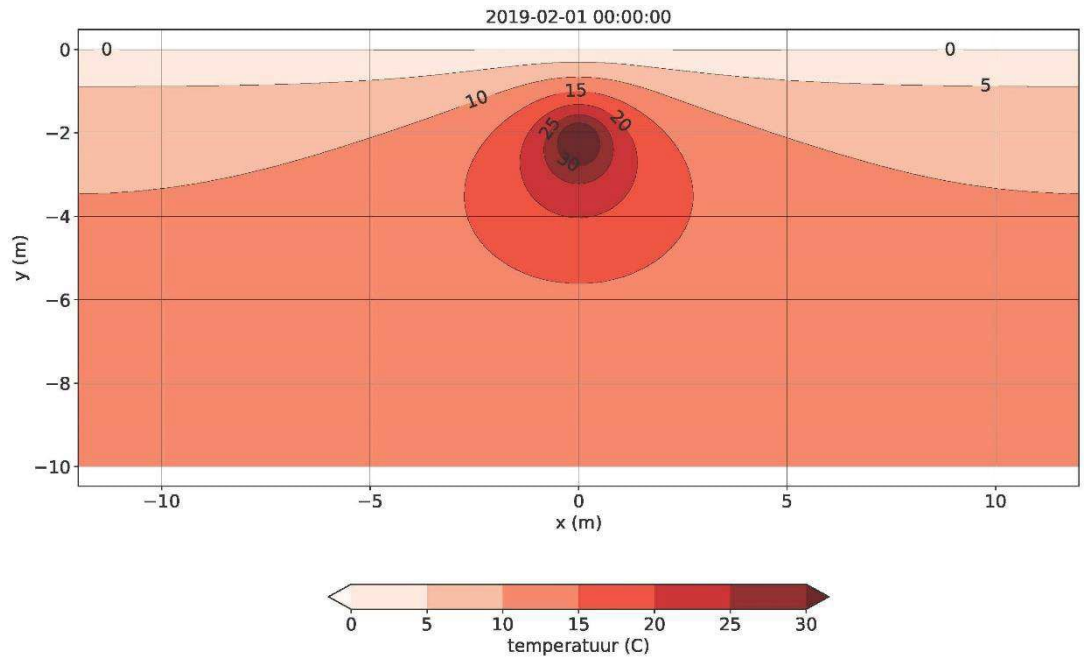
Figuur A.8 Temperatuurverloop ondergrond casus 4a, 1 augustus 2019.



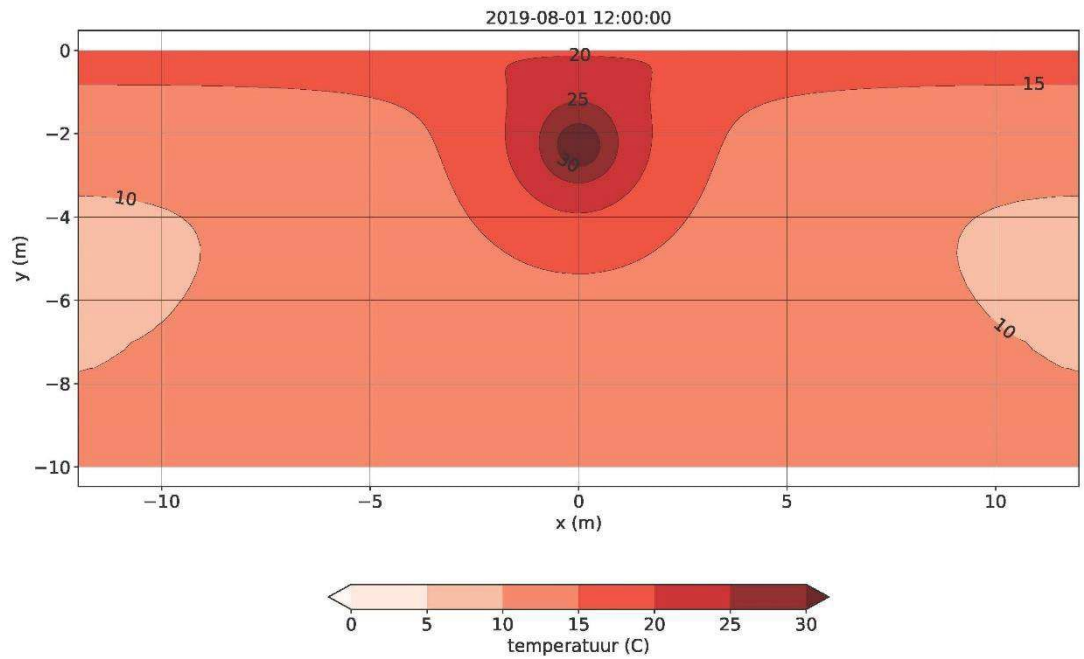
Figuur A.9 Temperatuurverloop ondergrond casus 4b, 1 februari 2019.



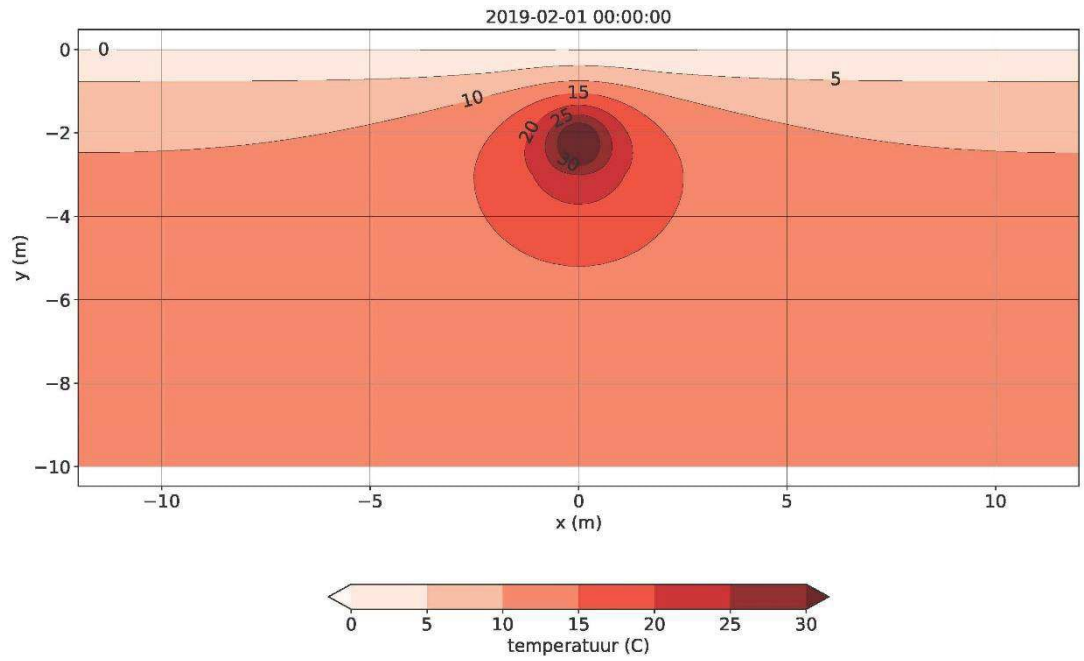
Figuur A.10 Temperatuurverloop ondergrond casus 4b, 1 augustus 2019.



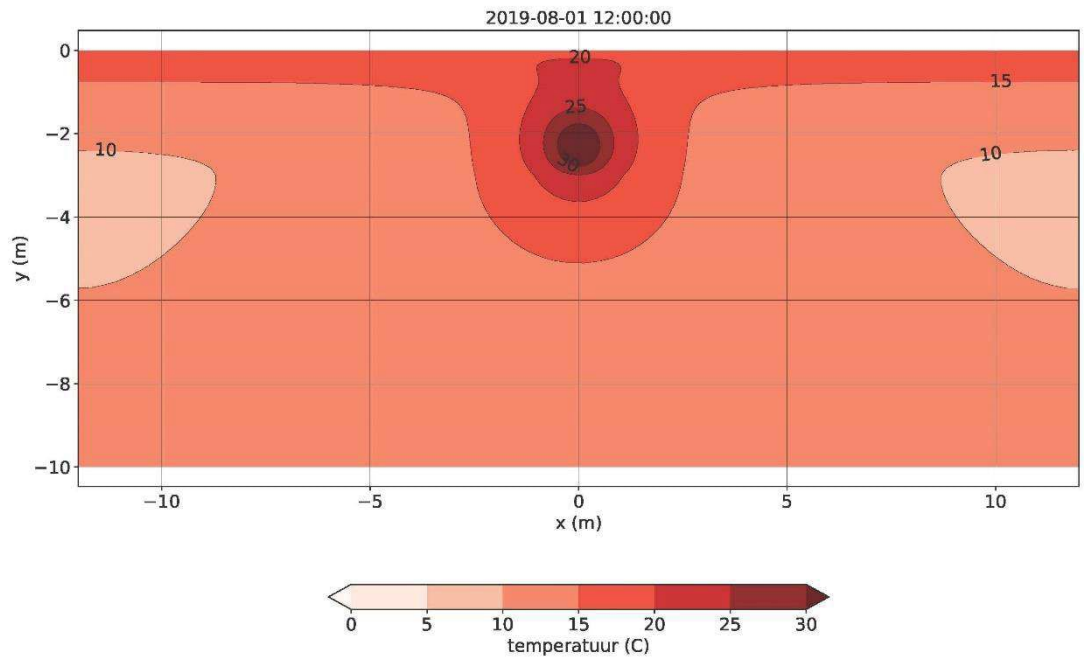
Figuur A.11 Temperatuurverloop ondergrond casus 5, 1 februari 2019.



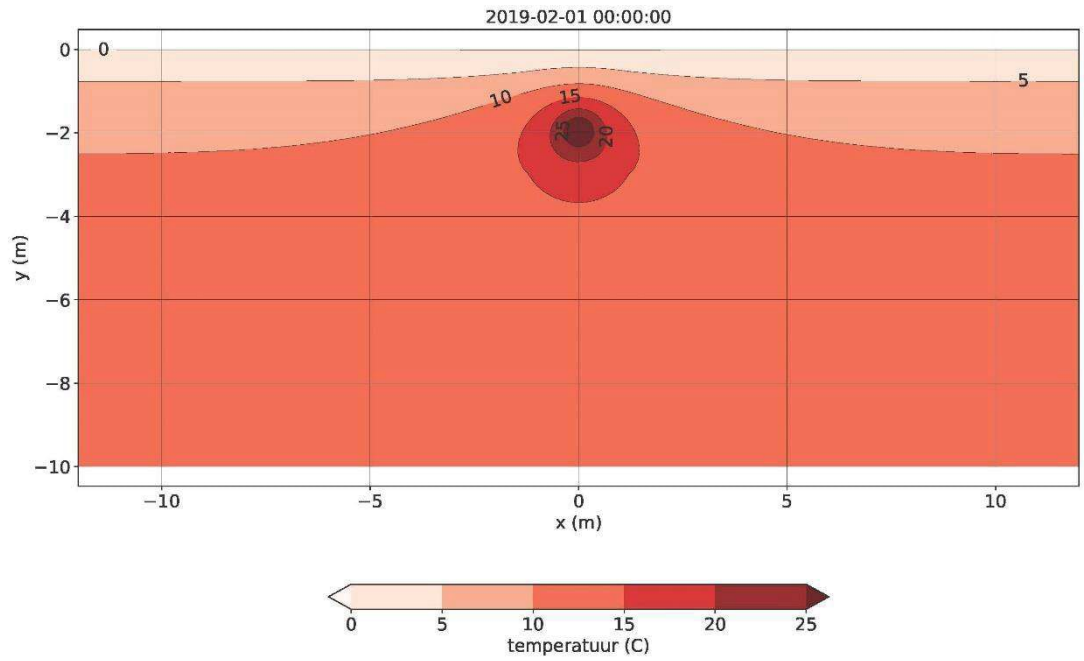
Figuur A.12 Temperatuurverloop ondergrond casus 5, 1 augustus 2019.



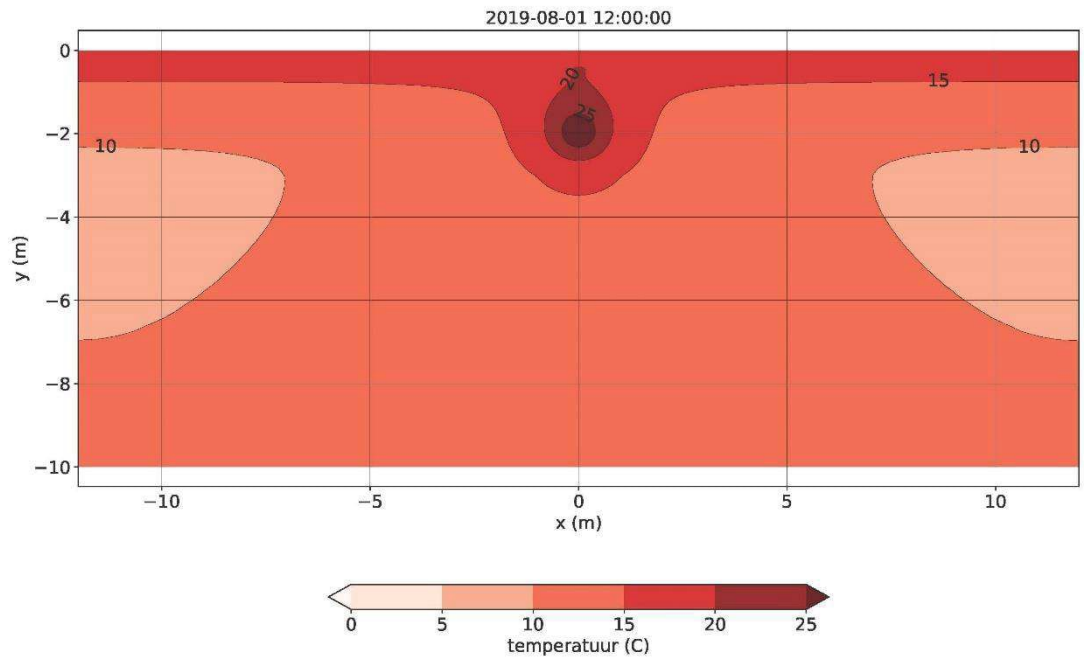
Figuur A.13 Temperatuurverloop ondergrond casus 6a, 1 februari 2019.



Figuur A.14 Temperatuurverloop ondergrond casus 6a, 1 augustus 2019.



Figuur A.15 Temperatuurverloop ondergrond casus 6b, 1 februari 2019.



Figuur A.16 Temperatuurverloop ondergrond casus 6b, 1 augustus 2019.

B Beoordelingstabellen

Tabel B.1 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 1.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,37	0,36	0,37	0,32	0,33	0,33	0,30	0,32	0,35	0,37	0,37	0,36
p2	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p3	0,40	0,39	0,41	0,36	0,37	0,37	0,34	0,36	0,39	0,41	0,40	0,40
p4	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p5	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,40	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
p6	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p7	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p8	0,37	0,36	0,37	0,32	0,33	0,33	0,30	0,32	0,35	0,37	0,37	0,36
p9	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p10	0,40	0,39	0,41	0,36	0,37	0,37	0,35	0,36	0,39	0,41	0,40	0,40
p11	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p12	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,40	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
p13	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p14	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p15	0,37	0,36	0,37	0,32	0,33	0,33	0,30	0,32	0,36	0,37	0,37	0,36
p16	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p17	0,40	0,39	0,41	0,36	0,37	0,37	0,35	0,36	0,39	0,41	0,40	0,40
p18	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p19	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,40	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
p20	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p21	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p22	0,37	0,36	0,37	0,33	0,33	0,33	0,30	0,32	0,36	0,37	0,37	0,36
p23	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p24	0,40	0,39	0,41	0,36	0,37	0,37	0,35	0,36	0,39	0,41	0,40	0,40
p25	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p26	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,40	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
p27	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p28	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p29	0,37	0,36	0,37	0,33	0,33	0,33	0,31	0,32	0,36	0,37	0,37	0,36
p30	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p31	0,40	0,39	0,41	0,36	0,37	0,37	0,35	0,36	0,39	0,41	0,40	0,40
p32	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p33	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,40	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
p34	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

Tabel B.2 Temperatuurverloop rekenpunten casus 1.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	5	7	9	11	13	18	19	19	15	12	7	7
p2	7	8	10	13	14	19	20	20	16	14	9	8
p3	8	9	11	14	15	19	20	21	18	15	11	10
p4	10	11	12	15	16	20	21	21	19	16	12	11
p5	12	12	14	16	17	21	22	22	20	17	14	13
p6	15	15	16	18	19	22	23	23	21	19	17	16
p7	18	17	18	20	21	23	24	24	23	21	19	18
p8	4	6	8	11	13	18	19	19	15	12	7	6
p9	6	7	9	12	13	18	19	19	16	13	9	8
p10	8	9	10	13	14	19	20	20	17	15	10	9
p11	9	10	11	14	15	19	20	21	18	16	12	11
p12	11	11	12	15	16	20	21	21	19	17	13	12
p13	13	13	14	16	17	20	21	22	20	18	15	14
p14	15	15	16	18	19	21	22	23	21	20	17	16
p15	4	6	8	11	12	18	18	18	15	12	7	6
p16	5	7	9	11	13	18	18	19	15	13	8	7
p17	7	7	9	12	13	18	19	19	16	14	9	8
p18	8	8	10	12	14	18	19	19	17	14	10	9
p19	9	9	11	13	14	18	19	20	17	15	11	10
p20	11	10	12	14	15	18	19	20	18	16	13	12
p21	12	11	13	14	16	18	19	20	19	17	14	13
p22	3	5	7	10	11	17	17	18	14	11	6	5
p23	4	5	7	10	11	16	17	17	14	12	7	6
p24	5	5	7	10	11	16	17	17	15	12	8	7
p25	6	6	8	10	11	15	16	17	15	13	8	7
p26	6	6	8	10	11	15	16	17	15	13	9	8
p27	7	6	8	10	11	14	16	17	15	14	10	8
p28	8	7	8	10	11	14	15	16	15	14	11	9
p29	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p31	4	5	7	9	10	15	16	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	15	16	16	14	12	8	6
p33	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	7
p34	6	5	7	8	10	13	14	15	14	13	9	7
p35	7	6	7	8	10	12	14	15	14	13	10	8

Tabel B.3 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 2.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,37	0,36	0,37	0,32	0,33	0,33	0,30	0,32	0,35	0,37	0,37	0,36
p2	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p3	0,40	0,39	0,41	0,36	0,37	0,37	0,34	0,36	0,39	0,41	0,40	0,40
p4	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p5	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,40	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
p6	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
p7	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
p8	0,37	0,36	0,37	0,33	0,33	0,33	0,30	0,32	0,35	0,37	0,37	0,36
p9	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p10	0,40	0,39	0,41	0,36	0,37	0,37	0,35	0,36	0,39	0,41	0,40	0,40
p11	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p12	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,40	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
p13	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
p14	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
p15	0,37	0,36	0,37	0,33	0,33	0,33	0,30	0,32	0,36	0,37	0,37	0,36
p16	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p17	0,40	0,39	0,41	0,36	0,37	0,37	0,35	0,36	0,39	0,41	0,40	0,40
p18	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p19	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,40	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
p20	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
p21	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
p22	0,37	0,36	0,37	0,33	0,33	0,33	0,30	0,32	0,36	0,37	0,37	0,36
p23	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p24	0,40	0,39	0,41	0,36	0,37	0,37	0,35	0,36	0,39	0,41	0,40	0,40
p25	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p26	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,40	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
p27	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
p28	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
p29	0,37	0,36	0,37	0,33	0,33	0,33	0,31	0,32	0,36	0,37	0,37	0,36
p30	0,38	0,37	0,39	0,34	0,35	0,35	0,33	0,34	0,37	0,39	0,38	0,38
p31	0,40	0,39	0,41	0,36	0,37	0,37	0,35	0,36	0,39	0,41	0,40	0,40
p32	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39	0,39	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,42
p33	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,40	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
p34	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
p35	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44

Tabel B.4 Temperatuurverloop rekenpunten casus 2.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	6	8	11	13	18	19	19	15	12	7	6
p2	6	7	9	12	14	19	19	20	16	13	9	8
p3	8	8	10	13	14	19	20	20	17	14	10	9
p4	9	10	11	14	15	19	20	21	18	15	11	10
p5	10	11	12	15	16	20	21	21	19	16	13	12
p6	14	14	15	17	18	21	22	23	21	19	16	15
p7	17	17	18	20	21	23	24	24	23	21	19	18
p8	4	6	8	11	12	18	19	19	15	12	7	6
p9	6	7	9	12	13	18	19	19	16	13	8	7
p10	7	8	10	12	14	18	19	20	17	14	9	8
p11	8	9	11	13	15	19	20	20	17	15	11	10
p12	9	10	11	14	15	19	20	21	18	16	12	11
p13	12	12	14	16	17	20	21	22	20	18	15	13
p14	15	15	16	17	19	21	22	23	21	19	17	16
p15	4	6	8	10	12	18	18	18	15	12	7	6
p16	5	6	8	11	12	18	18	19	15	13	8	7
p17	6	7	9	11	13	17	18	19	16	13	9	8
p18	7	7	9	12	13	17	19	19	16	14	10	8
p19	8	8	10	12	14	17	19	19	17	15	11	9
p20	10	10	11	13	15	18	19	20	18	16	13	11
p21	12	11	13	14	15	18	19	20	19	17	14	13
p22	3	5	7	10	11	17	17	18	14	11	6	5
p23	4	5	7	10	11	16	17	18	14	12	7	6
p24	5	5	7	10	11	16	17	17	15	12	7	6
p25	5	6	7	10	11	15	16	17	15	13	8	7
p26	6	6	8	10	11	15	16	17	15	13	9	7
p27	7	6	8	10	11	14	16	17	15	14	10	8
p28	8	7	8	10	11	14	15	16	15	14	11	9
p29	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p31	4	5	7	9	11	15	16	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	15	16	16	14	12	8	6
p33	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	7
p34	6	6	7	9	10	13	14	15	14	13	9	7
p35	7	6	7	8	10	12	14	15	14	13	10	8

Tabel B.5 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 3.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,37	0,36	0,37	0,34	0,35	0,34	0,32	0,34	0,36	0,37	0,37	0,37
p2	0,38	0,38	0,39	0,36	0,36	0,36	0,34	0,35	0,37	0,39	0,38	0,38
p3	0,39	0,39	0,40	0,37	0,38	0,37	0,36	0,37	0,39	0,40	0,39	0,39
p4	0,41	0,40	0,41	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,40	0,41	0,41	0,40
p5	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	0,40	0,41	0,42	0,42	0,41
p6	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
p7	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p8	0,37	0,36	0,37	0,34	0,35	0,34	0,32	0,34	0,36	0,37	0,37	0,37
p9	0,38	0,38	0,39	0,36	0,36	0,36	0,34	0,35	0,38	0,39	0,38	0,38
p10	0,39	0,39	0,40	0,37	0,38	0,38	0,36	0,37	0,39	0,40	0,39	0,39
p11	0,41	0,40	0,41	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,40	0,41	0,41	0,40
p12	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	0,40	0,41	0,42	0,42	0,41
p13	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
p14	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p15	0,37	0,36	0,37	0,34	0,35	0,35	0,32	0,34	0,36	0,37	0,37	0,37
p16	0,38	0,38	0,39	0,36	0,36	0,36	0,34	0,35	0,38	0,39	0,38	0,38
p17	0,39	0,39	0,40	0,37	0,38	0,38	0,36	0,37	0,39	0,40	0,39	0,39
p18	0,41	0,40	0,41	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,40	0,41	0,41	0,40
p19	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	0,40	0,41	0,42	0,42	0,41
p20	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
p21	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p22	0,37	0,36	0,37	0,34	0,35	0,35	0,33	0,34	0,36	0,37	0,37	0,37
p23	0,38	0,38	0,39	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,38	0,39	0,38	0,38
p24	0,39	0,39	0,40	0,37	0,38	0,38	0,36	0,37	0,39	0,40	0,39	0,39
p25	0,41	0,40	0,41	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,40	0,41	0,41	0,40
p26	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	0,40	0,41	0,42	0,42	0,41
p27	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
p28	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
p29	0,37	0,36	0,37	0,34	0,35	0,35	0,33	0,34	0,36	0,37	0,37	0,37
p30	0,38	0,38	0,39	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,38	0,39	0,38	0,38
p31	0,39	0,39	0,40	0,37	0,38	0,38	0,36	0,37	0,39	0,40	0,39	0,39
p32	0,41	0,40	0,41	0,39	0,39	0,39	0,38	0,39	0,40	0,41	0,41	0,40
p33	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	0,40	0,41	0,42	0,42	0,41
p34	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
p35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

Tabel B.6 Temperatuurverloop rekenpunten casus 3.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	6	8	11	13	18	19	19	15	12	7	6
p2	6	7	9	12	13	19	19	19	16	13	8	7
p3	7	8	10	13	14	19	20	20	17	14	9	9
p4	8	9	11	14	15	19	20	20	17	15	10	10
p5	9	10	12	14	16	20	21	21	18	16	12	11
p6	13	13	14	16	18	21	22	22	20	18	14	14
p7	16	16	17	19	20	22	23	24	22	20	17	17
p8	4	6	8	11	12	18	18	19	15	12	7	6
p9	5	7	9	11	13	18	19	19	15	13	8	7
p10	6	7	10	12	13	18	19	19	16	14	9	8
p11	7	8	10	13	14	19	20	20	17	14	10	9
p12	9	9	11	13	15	19	20	20	17	15	11	10
p13	11	11	13	15	16	20	21	21	19	17	13	12
p14	14	13	15	17	18	21	22	22	20	18	15	14
p15	4	6	8	10	12	18	18	18	14	12	6	6
p16	5	6	8	11	12	18	18	18	15	12	7	6
p17	5	6	9	11	13	18	18	19	15	13	8	7
p18	6	7	9	11	13	18	18	19	16	14	9	8
p19	7	7	9	12	13	18	19	19	16	14	10	8
p20	9	9	10	13	14	18	19	20	17	15	11	10
p21	10	10	12	13	15	18	19	20	18	16	13	11
p22	3	5	7	10	11	17	18	18	14	11	6	5
p23	4	5	7	10	11	17	17	18	14	12	6	6
p24	4	5	7	10	11	16	17	18	14	12	7	6
p25	5	5	7	10	11	16	17	17	15	12	7	6
p26	5	5	7	10	11	16	17	17	15	13	8	7
p27	6	6	8	9	11	15	16	17	15	13	9	7
p28	7	6	8	9	11	14	16	17	15	14	10	8
p29	3	5	7	10	11	17	17	18	14	11	6	5
p30	3	5	7	9	11	16	17	17	14	12	6	5
p31	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p32	4	5	7	9	11	15	16	17	14	12	7	6
p33	5	5	7	9	10	15	16	17	14	12	7	6
p34	5	5	7	9	10	14	15	16	14	13	8	7
p35	6	5	7	8	10	13	15	16	14	13	9	7

Tabel B.7 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 4a.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,36	0,33	0,34	0,39	0,46	0,45	0,45
p2	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,37	0,33	0,34	0,39	0,47	0,46	0,46
p3	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,38	0,34	0,34	0,40	0,49	0,47	0,47
p4	0,50	0,49	0,49	0,41	0,39	0,40	0,34	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p5	0,57	0,57	0,57	0,54	0,52	0,53	0,46	0,46	0,52	0,57	0,57	0,57
p6	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p7	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p8	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,39	0,46	0,45	0,45
p9	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,37	0,33	0,34	0,39	0,47	0,46	0,46
p10	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,38	0,34	0,34	0,40	0,49	0,47	0,47
p11	0,50	0,49	0,49	0,41	0,39	0,40	0,34	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p12	0,57	0,57	0,57	0,54	0,52	0,53	0,46	0,47	0,53	0,57	0,57	0,57
p13	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p14	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p15	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,39	0,46	0,45	0,45
p16	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,37	0,33	0,34	0,39	0,47	0,46	0,46
p17	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,38	0,34	0,35	0,40	0,49	0,47	0,47
p18	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p19	0,57	0,57	0,57	0,54	0,53	0,53	0,47	0,47	0,53	0,57	0,57	0,57
p20	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p21	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p22	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,40	0,46	0,45	0,45
p23	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,34	0,40	0,47	0,46	0,46
p24	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,39	0,34	0,35	0,40	0,49	0,47	0,47
p25	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p26	0,57	0,57	0,57	0,54	0,53	0,53	0,47	0,47	0,53	0,57	0,57	0,57
p27	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p28	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p29	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,40	0,46	0,45	0,45
p30	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,34	0,40	0,47	0,46	0,46
p31	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,39	0,34	0,35	0,40	0,49	0,47	0,47
p32	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p33	0,57	0,57	0,57	0,54	0,53	0,53	0,47	0,47	0,53	0,57	0,57	0,57
p34	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p35	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57

Tabel B.8 Temperatuurverloop rekenpunten casus 4a.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	6	8	11	12	18	19	19	15	12	7	6
p2	6	7	9	12	13	18	19	19	16	13	8	7
p3	7	8	10	12	14	19	20	20	17	14	10	9
p4	8	9	11	13	15	19	20	21	18	15	11	10
p5	10	10	12	14	16	19	21	21	19	16	12	11
p6	13	12	14	16	18	20	22	22	21	18	15	14
p7	16	15	17	18	20	22	23	24	23	21	18	17
p8	4	6	8	11	12	18	18	18	15	12	7	6
p9	5	6	9	11	13	18	19	19	16	13	8	7
p10	7	7	9	12	13	18	19	19	17	14	9	8
p11	8	8	10	12	14	18	19	20	17	15	10	9
p12	9	9	11	13	15	18	20	20	18	15	11	10
p13	11	11	12	14	16	19	20	21	20	17	14	12
p14	14	13	14	16	17	20	21	22	21	19	16	15
p15	4	5	8	10	12	17	18	18	14	12	6	6
p16	5	6	8	10	12	17	18	18	15	13	7	6
p17	6	6	8	11	12	17	18	19	16	13	8	7
p18	7	7	9	11	13	17	18	19	16	14	9	8
p19	7	7	9	11	13	17	18	19	17	14	10	9
p20	9	9	10	12	14	17	18	19	18	16	12	10
p21	11	10	11	13	14	17	18	19	18	17	14	12
p22	3	5	7	10	11	17	17	18	14	11	6	5
p23	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p24	5	5	7	9	11	15	16	17	14	12	7	6
p25	5	5	7	9	11	15	16	17	15	13	8	7
p26	6	5	7	9	10	14	16	17	15	13	9	7
p27	7	6	7	9	10	13	15	16	15	13	10	8
p28	8	7	8	9	10	13	14	15	15	14	11	9
p29	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p31	4	5	7	9	10	15	16	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	6
p33	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	7
p34	6	5	7	8	9	13	14	15	14	13	9	7
p35	7	6	7	8	9	12	13	14	14	13	10	8

Tabel B.9 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 4b.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,39	0,46	0,45	0,45
p2	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,37	0,33	0,34	0,39	0,47	0,46	0,46
p3	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,38	0,34	0,34	0,40	0,49	0,47	0,47
p4	0,50	0,49	0,49	0,41	0,39	0,40	0,34	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p5	0,57	0,57	0,57	0,54	0,53	0,53	0,46	0,47	0,53	0,57	0,57	0,57
p6	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p7	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p8	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,39	0,46	0,45	0,45
p9	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,37	0,33	0,34	0,39	0,47	0,46	0,46
p10	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,38	0,34	0,35	0,40	0,49	0,47	0,47
p11	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p12	0,57	0,57	0,57	0,54	0,53	0,53	0,47	0,47	0,53	0,57	0,57	0,57
p13	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p14	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p15	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,39	0,46	0,45	0,45
p16	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,37	0,34	0,34	0,39	0,47	0,46	0,46
p17	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,39	0,34	0,35	0,40	0,49	0,47	0,47
p18	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p19	0,57	0,57	0,57	0,54	0,53	0,53	0,47	0,47	0,53	0,57	0,57	0,57
p20	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p21	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p22	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,40	0,46	0,45	0,45
p23	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,34	0,40	0,47	0,46	0,46
p24	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,39	0,34	0,35	0,40	0,49	0,47	0,47
p25	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p26	0,57	0,57	0,57	0,54	0,53	0,53	0,47	0,47	0,53	0,57	0,57	0,57
p27	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p28	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p29	0,45	0,43	0,45	0,37	0,36	0,37	0,33	0,34	0,40	0,46	0,45	0,45
p30	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,34	0,40	0,47	0,46	0,46
p31	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,39	0,34	0,35	0,40	0,49	0,47	0,47
p32	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,35	0,35	0,41	0,50	0,49	0,50
p33	0,57	0,57	0,57	0,54	0,53	0,53	0,47	0,47	0,53	0,57	0,57	0,57
p34	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p35	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57

Tabel B.10 Temperatuurverloop rekenpunten casus 4b.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	6	8	11	12	18	18	18	15	12	7	6
p2	5	6	9	11	13	18	19	19	16	13	8	7
p3	7	7	9	12	13	18	19	19	16	14	9	8
p4	8	8	10	12	14	18	19	20	17	15	10	9
p5	9	9	11	13	15	18	20	20	18	15	11	10
p6	12	11	13	15	16	19	20	21	20	17	14	13
p7	15	14	15	17	18	20	21	22	21	19	17	15
p8	4	6	8	10	12	18	18	18	15	12	7	6
p9	5	6	8	11	12	17	18	19	15	13	8	7
p10	6	7	9	11	13	17	18	19	16	13	9	8
p11	7	7	9	12	13	17	18	19	17	14	10	8
p12	8	8	10	12	14	17	19	19	17	15	11	9
p13	10	9	11	13	15	17	19	20	18	16	13	11
p14	12	11	13	14	16	18	19	20	19	17	15	13
p15	3	5	7	10	12	17	18	18	14	12	6	5
p16	4	5	8	10	12	17	18	18	15	12	7	6
p17	5	6	8	10	12	16	17	18	15	13	8	7
p18	6	6	8	10	12	16	17	18	16	13	9	7
p19	7	7	8	10	12	16	17	18	16	14	10	8
p20	8	8	9	11	12	15	17	18	17	15	11	9
p21	10	9	10	11	13	15	17	18	17	15	13	11
p22	3	5	7	10	11	17	17	18	14	11	6	5
p23	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p24	4	5	7	9	11	15	16	17	14	12	7	6
p25	5	5	7	9	10	15	16	17	14	12	8	6
p26	5	5	7	9	10	14	15	16	14	13	8	7
p27	6	6	7	9	10	13	15	16	14	13	10	8
p28	7	6	7	8	10	12	14	15	14	13	11	9
p29	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	5
p31	4	5	7	9	10	15	16	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	6
p33	5	5	7	8	10	14	15	16	14	12	8	7
p34	6	5	7	8	9	13	14	15	14	12	9	7
p35	7	6	7	8	9	12	13	14	14	13	10	8

Tabel B.11 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 5.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,35	0,41	0,47	0,46	0,45
p2	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,39	0,35	0,35	0,41	0,49	0,47	0,47
p3	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,40	0,36	0,36	0,43	0,50	0,50	0,50
p4	0,51	0,51	0,51	0,44	0,43	0,44	0,37	0,37	0,45	0,51	0,51	0,51
p5	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,51	0,51	0,56	0,57	0,57	0,57
p6	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p7	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p8	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,35	0,41	0,47	0,46	0,45
p9	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,39	0,35	0,35	0,42	0,49	0,47	0,47
p10	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,41	0,36	0,36	0,43	0,50	0,50	0,50
p11	0,51	0,51	0,51	0,44	0,43	0,44	0,37	0,38	0,45	0,51	0,51	0,51
p12	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,51	0,51	0,56	0,57	0,57	0,57
p13	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p14	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p15	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,34	0,35	0,41	0,47	0,46	0,45
p16	0,47	0,46	0,47	0,39	0,38	0,39	0,35	0,36	0,42	0,49	0,47	0,47
p17	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,41	0,36	0,36	0,43	0,50	0,50	0,50
p18	0,51	0,51	0,51	0,45	0,43	0,44	0,38	0,38	0,45	0,51	0,51	0,51
p19	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,52	0,52	0,56	0,57	0,57	0,57
p20	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p21	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p22	0,46	0,44	0,46	0,38	0,37	0,38	0,35	0,35	0,42	0,47	0,46	0,45
p23	0,47	0,46	0,47	0,39	0,39	0,39	0,35	0,36	0,42	0,49	0,47	0,47
p24	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,41	0,36	0,37	0,43	0,50	0,50	0,50
p25	0,51	0,51	0,51	0,45	0,44	0,44	0,38	0,38	0,46	0,51	0,51	0,51
p26	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,52	0,52	0,56	0,57	0,57	0,57
p27	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p28	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p29	0,46	0,44	0,46	0,38	0,38	0,38	0,35	0,35	0,42	0,47	0,46	0,45
p30	0,47	0,46	0,47	0,39	0,39	0,39	0,35	0,36	0,42	0,49	0,47	0,47
p31	0,50	0,49	0,49	0,41	0,40	0,41	0,36	0,37	0,43	0,50	0,50	0,50
p32	0,51	0,51	0,51	0,45	0,44	0,44	0,38	0,38	0,46	0,51	0,51	0,51
p33	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,52	0,52	0,56	0,57	0,57	0,57
p34	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
p35	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57

Tabel B.12 Temperatuurverloop rekenpunten casus 5.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	6	8	11	12	18	19	19	15	12	7	6
p2	6	7	9	12	13	18	19	19	16	13	8	7
p3	7	8	10	12	14	19	20	20	17	14	10	9
p4	8	9	11	13	15	19	20	21	18	15	11	10
p5	10	10	12	14	16	19	20	21	19	16	12	11
p6	13	12	14	16	17	20	22	22	21	18	15	14
p7	16	15	17	18	20	22	23	24	22	20	18	17
p8	4	6	8	11	12	18	18	18	15	12	7	6
p9	5	6	9	11	13	18	19	19	16	13	8	7
p10	6	7	9	12	13	18	19	19	17	14	9	8
p11	8	8	10	12	14	18	19	20	17	15	10	9
p12	9	9	11	13	14	18	20	20	18	15	11	10
p13	11	11	12	14	16	19	20	21	19	17	14	12
p14	14	13	14	16	17	20	21	22	21	19	16	15
p15	4	5	8	10	12	17	18	18	14	12	6	6
p16	5	6	8	10	12	17	18	18	15	13	7	6
p17	6	6	8	11	12	17	18	19	16	13	8	7
p18	6	7	9	11	13	17	18	19	16	14	9	8
p19	7	7	9	11	13	17	18	19	17	14	10	9
p20	9	8	10	12	13	17	18	19	18	16	12	10
p21	11	10	11	13	14	17	18	19	18	17	14	12
p22	3	5	7	10	11	17	17	18	14	11	6	5
p23	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p24	5	5	7	9	11	15	16	17	14	12	7	6
p25	5	5	7	9	11	15	16	17	15	13	8	7
p26	6	5	7	9	10	14	16	17	15	13	9	7
p27	7	6	7	9	10	13	15	16	15	13	10	8
p28	8	6	8	9	10	13	14	15	15	14	11	9
p29	3	5	7	10	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p31	4	5	7	9	10	15	16	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	6
p33	5	5	7	9	10	14	15	16	14	12	8	7
p34	6	5	7	8	10	13	14	15	14	13	9	7
p35	7	6	7	8	9	12	13	14	14	13	10	8

Tabel B.13 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 6a.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,70	0,68	0,69	0,58	0,55	0,57	0,52	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p2	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,64	0,61	0,62	0,67	0,71	0,71	0,71
p3	0,72	0,71	0,71	0,69	0,68	0,69	0,68	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71
p4	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p5	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
p6	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p7	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p8	0,70	0,68	0,69	0,59	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p9	0,71	0,70	0,70	0,66	0,65	0,65	0,62	0,63	0,67	0,71	0,71	0,71
p10	0,72	0,71	0,71	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71
p11	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p12	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
p13	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p14	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p15	0,70	0,68	0,69	0,59	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p16	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,65	0,61	0,63	0,66	0,71	0,71	0,71
p17	0,72	0,71	0,71	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71
p18	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p19	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
p20	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p21	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p22	0,70	0,68	0,69	0,59	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p23	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,65	0,61	0,62	0,66	0,71	0,71	0,71
p24	0,72	0,71	0,71	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71
p25	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p26	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
p27	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p28	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p29	0,70	0,68	0,69	0,59	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p30	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,65	0,61	0,62	0,66	0,71	0,71	0,71
p31	0,72	0,71	0,71	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71
p32	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p33	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
p34	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p35	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89

Tabel B.14 Temperatuurverloop rekenpunten casus 6a.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	5	8	10	12	18	18	18	15	12	7	6
p2	5	6	8	11	12	17	18	19	16	13	8	7
p3	6	6	9	11	13	17	19	19	16	14	9	8
p4	7	7	9	11	13	17	19	20	17	15	10	8
p5	8	8	10	12	14	17	19	20	18	15	11	9
p6	12	11	12	14	16	18	20	21	20	18	15	12
p7	15	14	15	16	18	20	21	23	22	20	18	16
p8	4	5	7	10	12	17	18	18	15	12	6	6
p9	5	6	8	10	12	17	18	19	15	13	8	6
p10	6	6	8	11	12	17	18	19	16	13	9	7
p11	7	7	9	11	12	17	18	19	17	14	10	8
p12	8	7	9	11	13	17	18	19	17	15	11	9
p13	10	9	11	12	14	17	19	20	19	17	14	11
p14	13	12	13	14	16	18	19	21	20	18	16	14
p15	3	5	7	10	11	17	18	18	14	12	6	5
p16	4	5	7	10	11	16	17	18	15	12	7	6
p17	5	5	8	10	11	16	17	18	15	13	8	7
p18	6	6	8	10	11	16	17	18	16	13	9	7
p19	7	6	8	10	12	15	17	18	16	14	10	8
p20	9	7	9	10	12	15	17	18	17	15	12	10
p21	11	9	10	11	13	15	16	18	18	16	14	12
p22	3	5	7	10	11	17	17	18	14	11	6	5
p23	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p24	4	5	7	9	10	15	16	17	14	12	7	6
p25	5	5	7	9	10	14	16	17	15	13	8	6
p26	5	5	7	9	10	14	15	16	15	13	9	7
p27	7	6	7	8	10	12	14	16	15	13	10	8
p28	8	7	7	8	9	11	13	15	14	13	11	9
p29	3	5	7	9	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p31	4	5	7	9	10	15	16	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	14	16	16	14	12	8	6
p33	5	5	7	8	10	14	15	16	14	12	8	7
p34	7	5	7	8	9	12	14	15	14	13	10	8
p35	8	6	7	8	9	11	13	14	14	13	11	9

Tabel B.15 Vochtgehalteverloop rekenpunten casus 6b.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	0,70	0,68	0,69	0,58	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p2	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,65	0,61	0,62	0,66	0,71	0,71	0,71
p3	0,72	0,71	0,71	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71
p4	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p5	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
p6	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p7	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p8	0,70	0,68	0,69	0,59	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p9	0,71	0,70	0,70	0,66	0,65	0,65	0,62	0,63	0,67	0,71	0,71	0,71
p10	0,72	0,71	0,71	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71
p11	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p12	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
p13	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p14	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p15	0,70	0,68	0,69	0,59	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p16	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,65	0,61	0,63	0,67	0,71	0,71	0,71
p17	0,72	0,71	0,71	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71
p18	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p19	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
p20	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p21	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p22	0,70	0,68	0,69	0,59	0,56	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p23	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,64	0,61	0,62	0,66	0,71	0,71	0,71
p24	0,72	0,71	0,71	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71
p25	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p26	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
p27	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p28	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p29	0,70	0,68	0,69	0,59	0,55	0,57	0,53	0,55	0,63	0,70	0,70	0,70
p30	0,71	0,70	0,70	0,66	0,64	0,64	0,61	0,62	0,66	0,71	0,71	0,71
p31	0,72	0,71	0,71	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71
p32	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
p33	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
p34	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
p35	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89

Tabel B.16 Temperatuurverloop rekenpunten casus 6b.

punt	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
p1	4	5	7	10	12	17	18	18	15	12	6	6
p2	5	6	8	10	12	17	18	19	15	13	8	6
p3	6	6	8	11	12	17	18	19	16	13	9	7
p4	7	7	9	11	13	17	18	19	17	14	10	8
p5	8	7	9	11	13	17	18	19	17	15	11	9
p6	11	10	11	13	14	17	19	20	19	17	14	12
p7	14	13	14	15	16	18	20	21	21	19	17	15
p8	4	5	7	10	12	17	18	18	14	12	6	5
p9	4	5	8	10	12	17	18	18	15	12	7	6
p10	5	6	8	10	12	16	18	18	16	13	8	7
p11	6	6	8	10	12	16	17	18	16	14	9	8
p12	7	6	8	10	12	16	17	18	16	14	10	8
p13	9	8	10	11	13	16	17	19	18	16	13	10
p14	12	10	11	12	14	16	18	19	18	17	15	13
p15	3	5	7	10	11	17	18	18	14	12	6	5
p16	4	5	7	10	11	16	17	18	15	12	7	6
p17	5	5	7	9	11	16	17	18	15	13	8	6
p18	6	5	7	9	11	15	17	17	15	13	8	7
p19	6	6	7	9	11	15	16	17	16	13	9	7
p20	8	7	8	9	11	14	16	17	16	14	11	9
p21	9	8	9	10	11	13	15	16	16	15	13	11
p22	3	5	7	9	11	17	17	18	14	11	6	5
p23	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	6
p24	4	5	7	9	10	15	16	17	14	12	7	6
p25	5	5	7	9	10	14	16	17	14	12	8	6
p26	5	5	7	8	10	14	15	16	14	13	8	7
p27	7	5	7	8	9	12	14	15	14	13	10	8
p28	8	6	7	8	9	11	13	14	14	13	11	9
p29	3	5	7	9	11	17	17	17	14	11	6	5
p30	4	5	7	9	11	16	17	17	14	12	7	5
p31	4	5	7	9	10	15	16	17	14	12	7	6
p32	5	5	7	9	10	14	16	16	14	12	8	6
p33	5	5	7	8	10	14	15	16	14	12	8	7
p34	6	5	7	8	9	12	14	15	14	13	10	8
p35	8	6	7	8	9	11	13	14	14	13	11	9

C Landbouwkundige beschouwing

Invloed van de waterstofleiding Eemshaven-Tjuchem-Delfzijl op de gewasopbrengst

dr. ir. J.G. (Jan) Wesseling

Versie 3 (16 Januari 2024)

Wageningen Environmental Software Rapport 8
<http://www.wesw.nl/reports/08/index.php>

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Modelleren van gewasgroei	6
3	Gras	7
4	Aardappelen	11
5	Suikerbieten	14
6	Graan	17
7	Beperkingen, opmerkingen en conclusies	20

Lijst van figuren

3.1	De gemaaide hoeveelheid gras (in kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding voor de acht beschouwde casussen.	9
3.2	Percentages extra grasopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.	9
4.1	Berekende aardappelopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.	12
4.2	Percentages extra aardappelopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.	13
5.1	Berekende suikerbietenopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.	15
5.2	Percentages extra suikerbietenopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.	16
6.1	Berekende graanopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.	18
6.2	Percentages extra graanopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.	19
7.1	Percentages extra gewasopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen en 4 gewassen.	22

Lijst van tabellen

1.1	De doorgerekende casussen met bijbehorend, leidingtype, bodemtype, dikte van de toplaag en de stijghoogte van het watervoerend pakket op 10 m diepte.	4
3.1	Gecumuleerde gewasverdamping (mm) over de periode 1 januari t/m 15 oktober 2019 voor 8 casussen en 5 afstanden.	7
3.2	Eerste oogstdata in 2019.	8
3.3	Hoeveelheden gemaaid gras in 2019 (kg d.s./ha) voor de 8 doorgerekende casussen en 5 afstanden tot de leiding.	8
3.4	Meeropbrengsten gras (kg d.s./ha) door de aanwezigheid van de leiding in 2019 (kg d.s./ha) voor de 8 doorgerekende casussen en 4 afstanden tot de leiding.	8
4.1	Opkomstdata van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.	11
4.2	Berekende oogstdata van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.	11
4.3	De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.	12
4.4	Verschil in drogestof opbrengst van aardappels (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.	13
5.1	Opkomstdata van suikerbieten voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.	14
5.2	Berekende oogstdata van suikerbieten voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.	14
5.3	De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van suikerbieten voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.	15
5.4	Verschil in drogestof opbrengst van suikerbieten (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 8 casussen en 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.	16
6.1	Opkomstdata van graan voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.	17
6.2	Berekende oogstdata van graan voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.	17
6.3	De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van graan voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.	18
6.4	Verschil in drogestof opbrengst van graan (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 8 casussen en 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.	19

Hoofdstuk 1

Inleiding

Voor het waterstoftransport door het waterstofnetwerk Groningen wordt door de N.V. Nederlandse GasUnie (hierna GasUnie genoemd) een nieuwe leiding aangelegd in het tracé Eemshaven – Tjuchem en het tracé Tjuchem – Delfzijl. Een mogelijk knelpunt bij de aanleg vormt de relatief hoge temperatuur van de waterstof direct na de productie en onderzoek moet uitwijzen in welke mate de omgeving daar eventueel nadelige effecten van zou kunnen ondervinden.

Om de invloed van de transportleidingen van waterstof op de bodemtemperatuur en het vochtgehalte/drukhoogte in de omgeving van de leiding te bepalen zijn er door Deltares modelberekeningen gedaan voor het agrarisch gebied waarin de leiding aangelegd wordt (Van Esch, 2023).

De berekeningen zijn door Deltares uitgevoerd met de meteorologische gegevens van het KNMI-station in Eelde voor de jaren 2018 en 2019, waarbij 2018 wordt beschouwd als nodig om de correcte initiële gegevens voor 2019 te bereiken. Voor meer details en resultaten kan worden verwezen naar Van Esch (2023). De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor 2 soorten leidingen (zie Van Esch (2023)): de stalen DN1050 leiding heeft een buitendiameter van 1050 mm en een wanddikte van 36 mm met een PE coating en de stalen DN400 leiding heeft een buitendiameter van 400 mm en een wanddikte van 18 mm met een PE coating. Hierbij is zowel de bodemopbouw als de stijghoogte in het watervoerend pakket gevarieerd. De temperatuur van de waterstof in de beschouwde DN400 leiding en DN1050 leiding is 30 °C. In totaal zijn er 8 mogelijke combinaties (casussen) doorgerekend (Tabel 1.1).

Tabel 1.1: De doorgerekende casussen met bijbehorend, leidingtype, bodemtype, dikte van de toplaag en de stijghoogte van het watervoerend pakket op 10 m diepte.

Casus	Leiding	Bodem	Dikte toplaag (m)	Stijghoogte (m) op 10 m diepte
1	DN1050	klei zandig	0,5	-0,5
2	DN1050	klei zandig	1,5	-0,5
3	DN1050	zand kleiig	1,0	-0,6
4a	DN1050	klei siltig	0,4	-0,5
4b	DN400	klei siltig	0,4	-0,5
5	DN1050	klei siltig	0,4	-0,4
6a	DN1050	klei organisch	0,5	-0,4
6b	DN400	klei organisch	0,5	-0,4

Meer details over de exacte ligging van het traject van de waterstofleiding, een beschrijving van de casussen en de hydrologische eigenschappen van de bodem kan de geïnteresseerde lezer vinden in het desbetreffende rapport van Deltares (Van Esch, 2023).

Als vervolg op dat onderzoek worden hier de effecten van de leiding op de gewasopbrengsten in

agrarisch gebied onderzocht voor vier gewassen, t.w. gras, aardappels, suikerbieten en granen. Hiervoor worden de door Deltares berekende stijghoogte- en temperatuurprofielen in de bodem gebruikt. De beschouwde afstanden tot de leiding zijn 0 m, 1 m, 2 m, 5 m en 10 m. Ook de meteorologische gegevens van het KNMI-station Eelde worden gebruikt voor het berekenen van de gewasopbrengst.



Hoofdstuk 2

Modelleren van gewasgroei

Voor de optimale groei van een gewas moet aan een aantal eisen zijn voldaan: er moeten voldoende straling, water en voedingsstoffen aanwezig zijn en de luchttemperatuur mag niet te hoog of te laag zijn. Ook de bodemtemperatuur heeft invloed op de groeisnelheid van een gewas. Voor het huidige onderzoek is de gewasgroei gesimuleerd met het numerieke model CropGrowth¹. Door het model wordt de potentiële dagelijkse groei berekend uit de meteorologische gegevens en de hoeveelheid gewas die op het veld staat. De verdeling van de bijgroei over de verschillende onderdelen van de plant is afhankelijk van de ontwikkeling van het gewas. Ook de worteldiepte wordt voor elke dag berekend aan de hand van de hoeveelheid aanwezig gewas. Door Deltares zijn drukhoogtes, vochtgehaltes en temperaturen op verschillende dieptes berekend en op dagbasis doorgegeven t.b.v. de hier beschreven berekeningen. Aangezien de relatie tussen drukhoogte en vochtgehalte bekend is (en alleen afhankelijk is van het gekozen bodemtype), kan voor de berekening van de gewasopbrengst worden volstaan met de bodemtemperaturen en drukhoogtes² om samen met de berekende diepte van de wortelzone en de relaties tussen bodemtemperatuur en groei en tussen drukhoogte en groei voor elke diepte in de wortelzone de correctiefactoren voor de dagelijkse groei te bepalen. Met behulp van deze factoren wordt de actuele dagelijkse groei berekend uit de potentiële groei. De berekeningen zijn uitgevoerd voor 8 casussen en vijf afstanden tot de leiding (0 m, 1 m, 2 m, 5 m en 10 m). Hierbij is ervan uitgegaan dat het temperatuurverloop aan beide zijden van de leiding identiek verloopt.

¹CropGrowth is afgeleid van de gedetailleerde gewasgroeimodules uit het door Wageningen Environmental Research (WEnR) ontwikkelde numerieke model Swap (Soil-Water-Atmosphere-Plant)(Kroes et al., 2017) die op hun beurt zijn gebaseerd op het model Wofost (Boogaard et al., 1998). Er zijn een aantal (in literatuur gevonden) relaties aan toegevoegd die het mogelijk maken om de invloed van de bodemtemperatuur op de gewasopbrengst te bepalen.

²Hierbij wordt gedaan alsof er een heel veld met hetzelfde gewas staat met overal dezelfde stijghoogte- en temperatuurprofielen en wordt de opbrengst uitgedrukt in kg drogestof per ha (kg d.s./ha).

Hoofdstuk 3

Gras

Bij de modelberekeningen wordt ervan uitgegaan dat het gewas op 15 oktober stopt met groeien. Deze datum komt van waarnemingen in het veld. Een van de interessante waarden is de hoeveelheid water die het gewas heeft gebruikt om zich te ontwikkelen, de actuele gewasverdamping of transpiratie. Deze waarden zijn gegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Gecumuleerde gewasverdamping (mm) over de periode 1 januari t/m 15 oktober 2019 voor 8 casussen en 5 afstanden.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
1	784	790	785	761	750
2	785	787	779	760	750
3	782	781	772	758	751
4	762	761	751	738	730
4b	760	755	744	732	728
5	769	769	759	745	737
6a	753	749	743	727	723
6b	749	744	738	726	722

Uit deze tabel blijkt dat het maximale verschil tussen de waarden van de gewasverdamping binnen een casus niet groot is. Het grootste verschil treedt op bij casus 1: 40 mm (5,1%), terwijl casus 6b het kleinste verschil levert: slechts 27 mm (3,6%). De meeste verdamping vindt plaats in casus 1 op 1 m afstand van de leiding: 790 mm. De laagste gewasverdamping is op 10 m van de leiding in casus 6b: 722 mm.

In het model wordt aangenomen dat het gras gemaaid kan worden als er voldoende (4000 kg d.s./ha voor een normale snede, 2750 kg d.s./ha voor een laatste snede) aanwezig is. Tabel 3.2 geeft de data waarop de eerste snede is uitgevoerd voor de 8 doorgerekende casussen en de 5 afstanden tot de leiding.

Uit deze tabel blijkt dat de leiding geen invloed heeft op de datum waarop de eerste snede gedaan wordt. Tussen de casussen onderling zit maximaal 3 dagen verschil. Deze verschillen worden veroorzaakt door de verschillen in bodemopbouw, leidingtype en randvoorwaarden, waardoor het temperatuurverloop verschilt tussen de casussen. Zie Van Esch (2023) voor meer details. Omdat het praktisch niet haalbaar is om iedere meter op een apart tijdstip te maaien is ervoor gekozen om alles te maaien op het moment dat er voldoende gras staat op 10 m van de leiding. De aldus verkregen hoeveelheden gemaaid gras zijn gegeven in Tabel 3.3 en Figuur 3.1.

Tabel 3.2: Eerste oogstdata in 2019.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
1	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019
2	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019
3	02-Jun-2019	02-Jun-2019	02-Jun-2019	02-Jun-2019	02-Jun-2019
4a	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019
4b	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019
5	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019
6a	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019
6b	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019

Tabel 3.3: Hoeveelheden gemaaid gras in 2019 (kg d.s./ha) voor de 8 doorgerekende casussen en 5 afstanden tot de leiding.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
1	13468	14012	14222	13383	12903
2	13712	14046	14052	13333	12927
3	13619	13794	13698	13225	12950
4a	13509	13687	13480	12853	12519
4b	13712	13613	13215	12679	12468
5	13704	13884	13665	13029	12695
6a	13600	13488	13239	12612	12409
6b	13484	13299	13043	12531	12403

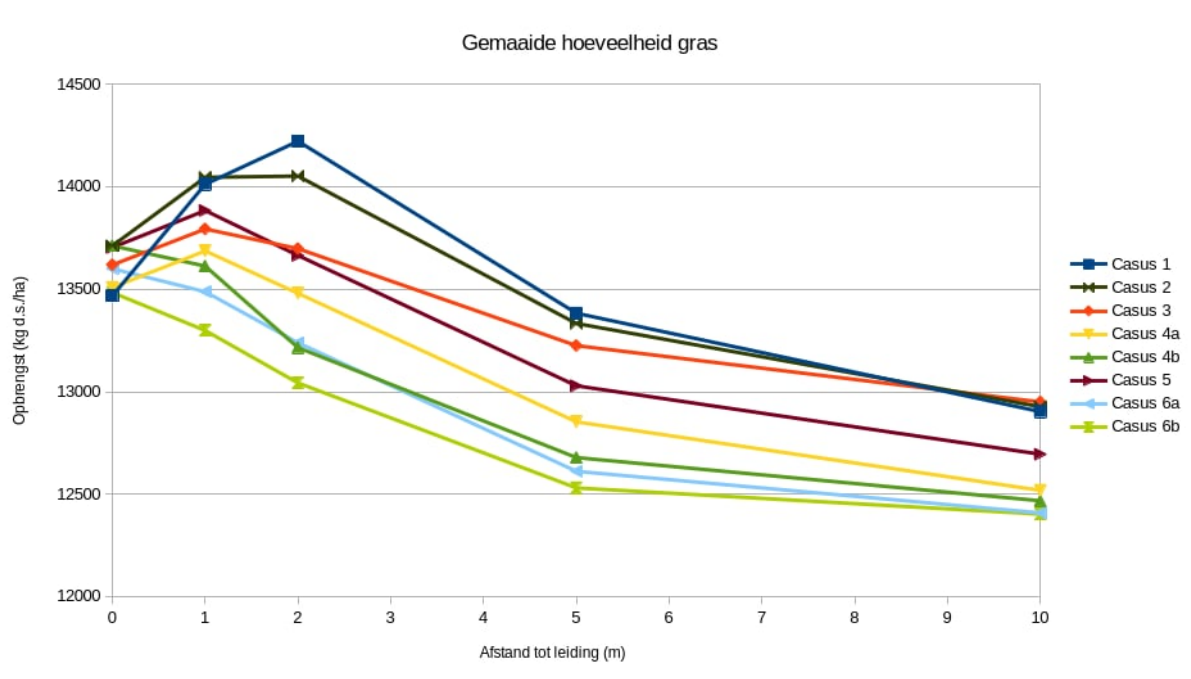
Uit deze tabel blijkt dat de verwarming door de leiding in het algemeen een positieve invloed heeft op de gemaaide hoeveelheid gras. Als wordt aangenomen dat de invloed van de leiding op 10 m afstand verwaarloosbaar klein is, dan kan de meeropbrengst door de aanwezigheid van de leiding worden berekend. Deze meeropbrengst is gegeven in Tabel 3.4.

Tabel 3.4: Meeropbrengsten gras (kg d.s./ha) door de aanwezigheid van de leiding in 2019 (kg d.s./ha) voor de 8 doorgerekende casussen en 4 afstanden tot de leiding.

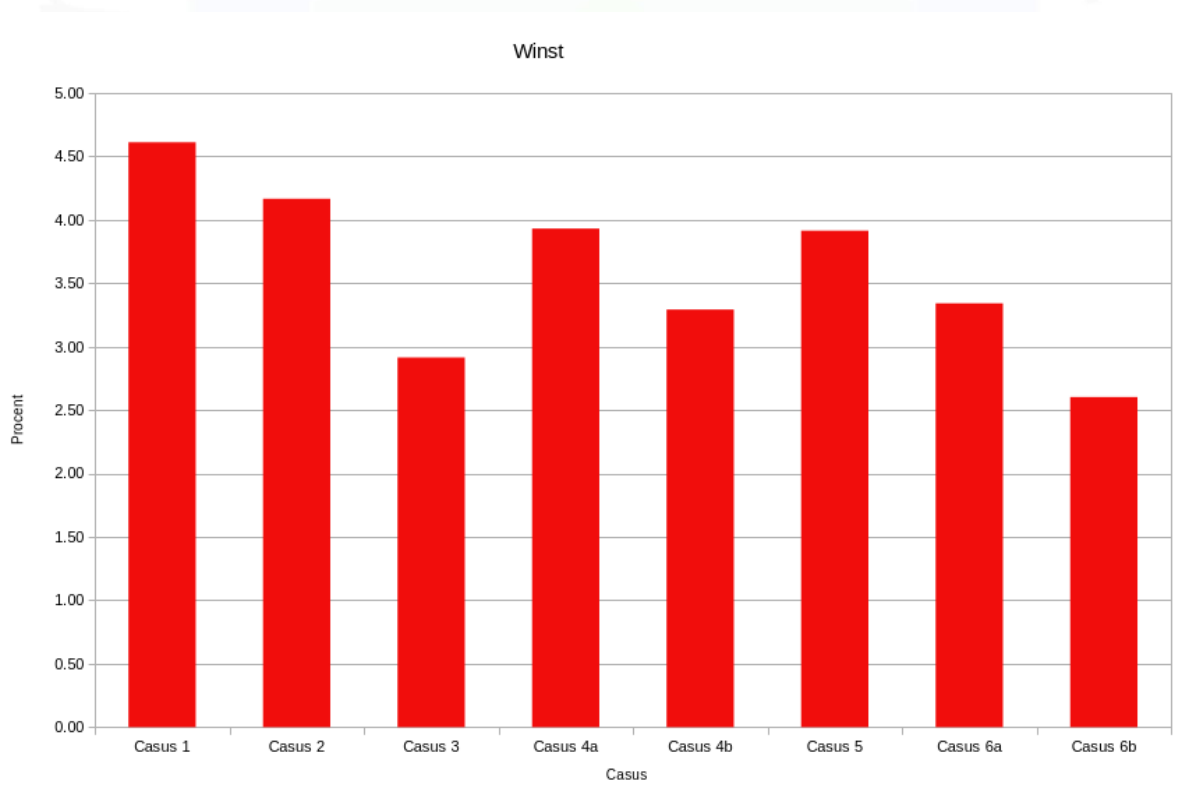
Casus	Afstand tot leiding			
	0 m	1 m	2 m	5 m
Casus 1	565	1109	1319	480
Casus 2	785	1119	1125	406
Casus 3	669	844	748	275
Casus 4a	990	1168	961	334
Casus 4b	1244	1145	747	211
Casus 5	1009	1189	970	334
Casus 6a	1191	1079	830	203
Casus 6b	1081	896	640	128

Voor de casussen 4b, 6a en 6b is de hoogste opbrengst boven de leiding. Voor de casussen 1 en 2 ligt de hoogste opbrengst op 2 m van de leiding en voor de overige casussen is de hoogste opbrengst op 1 m van de leiding. De hoogste opbrengst wordt gehaald op 2 m van de leiding in casus 1 (14222 kg d.s./ha), de laagste op 10 m van de leiding in casus 6b. Het grootste effect van de bodemverwarming is te merken in casus 4b: 1244 kg d.s./ha verschil tussen de hoogste

en de laagste opbrengst. Het kleinste verschil (844 kg d.s./ha) treedt op in casus 3. Uit Figuur 3.1 worden de verschillen tussen de casussen en afstanden direct duidelijk.



Figuur 3.1: De gemaaide hoeveelheid gras (in kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding voor de acht beschouwde casussen.



Figuur 3.2: Percentages extra grasopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.

Om een indruk te krijgen van de totale verandering in opbrengst is gekeken naar een strook

land van 10 m breed, 5 m aan weerszijden van de leiding. Hierbij is de som van de gemaaide hoeveelheid gras en de hoeveelheid die aan het eind van het seizoen nog op het land aanwezig is beschouwd. Aannemende dat het verloop van de opbrengst met de afstand tot de leiding lineair is, kan de totale opbrengst van de strook worden vergeleken met de locatie waar de invloed van de leiding het kleinst is, in dit geval op 10 m afstand. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 3.2. Uit deze figuur blijkt dat de verwarming door de leiding in alle casussen een meeropbrengst oplevert die varieert van 2,6% (casus 6b) tot 4,6% (casus 1).



Hoofdstuk 4

Aardappelen

Aangezien de waterstofleiding tot een veranderd vocht- en temperatuurverloop kan leiden en dit weer tot een andere opkomstdatum tot gevolg heeft, is eerst onderzocht of er verschillen in opkomstdata zijn berekend. Deze data zijn weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Opkomstdata van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	20-Apr-2019	21-Apr-2019	23-Apr-2019	26-Apr-2019	27-Apr-2019
Casus 2	21-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	26-Apr-2019	27-Apr-2019
Casus 3	21-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	25-Apr-2019	26-Apr-2019
Casus 4a	22-Apr-2019	23-Apr-2019	25-Apr-2019	27-Apr-2019	28-Apr-2019
Casus 4b	23-Apr-2019	24-Apr-2019	25-Apr-2019	27-Apr-2019	28-Apr-2019
Casus 5	22-Apr-2019	23-Apr-2019	25-Apr-2019	27-Apr-2019	28-Apr-2019
Casus 6a	24-Apr-2019	25-Apr-2019	27-Apr-2019	28-Apr-2019	29-Apr-2019
Casus 6b	25-Apr-2019	26-Apr-2019	27-Apr-2019	29-Apr-2019	29-Apr-2019

De opkomstdatum varieert tussen 20 april en 29 april, waarbij casus 1 de vroegste opkomstdata laat zien. De verschillen binnen een casus variëren tussen 4 dagen (casus 6b) 7 dagen (casus 1).

De verschillende bodemtemperaturen en -vochtgehaltes leiden tot verschillende groeisnelheden. De data waarop de gewassen volwassenheid hebben bereikt en dus oogstklaar zijn, verschillen dan ook. Zie hiervoor Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Berekende oogstdata van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.

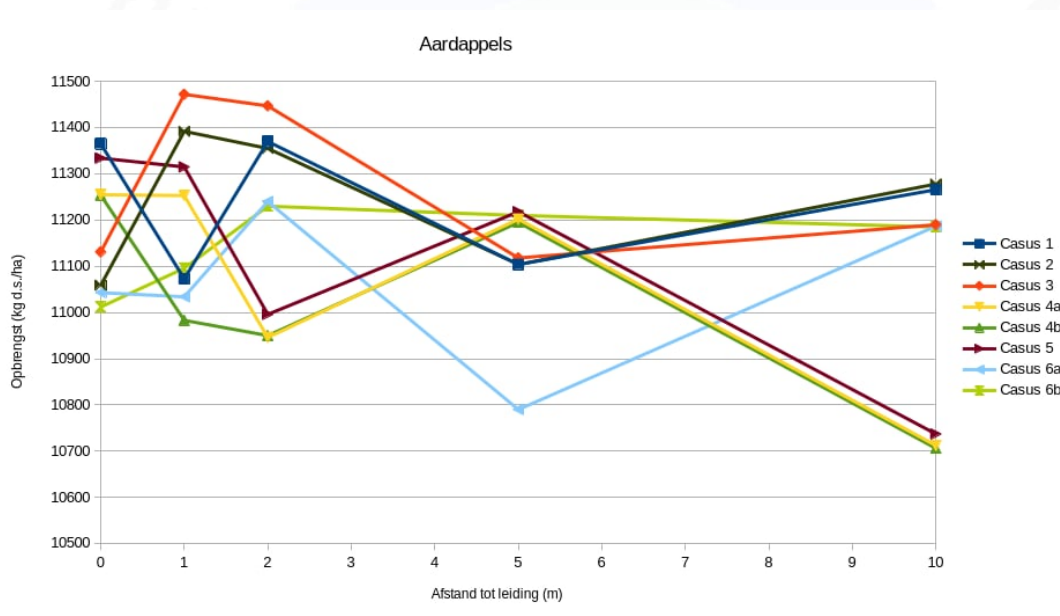
Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	14-Sep-2019	16-Sep-2019	13-Sep-2019	22-Sep-2019	22-Sep-2019
Casus 2	16-Sep-2019	12-Sep-2019	14-Sep-2019	22-Sep-2019	22-Sep-2019
Casus 3	16-Sep-2019	13-Sep-2019	14-Sep-2019	22-Sep-2019	23-Sep-2019
Casus 4a	12-Sep-2019	13-Sep-2019	21-Sep-2019	21-Sep-2019	27-Sep-2019
Casus 4b	13-Sep-2019	18-Sep-2019	21-Sep-2019	22-Sep-2019	27-Sep-2019
Casus 5	12-Sep-2019	13-Sep-2019	21-Sep-2019	21-Sep-2019	27-Sep-2019
Casus 6a	18-Sep-2019	20-Sep-2019	18-Sep-2019	26-Sep-2019	22-Sep-2019
Casus 6b	20-Sep-2019	21-Sep-2019	20-Sep-2019	22-Sep-2019	22-Sep-2019

Hieruit blijkt dat de oogstdatum varieert tussen 12 september en 27 september. De casussen 4a en 5 geven de grootste verschillen, nl. 15 dagen.

De berekende hoeveelheid droge stof die als aardappel geoogst is wordt gegeven in Tabel 4.3 en Figuur 4.1. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de oogst zou kunnen plaatsvinden op de in Tabel 4.2 genoemde data omdat het gewicht van de knol niet meer toeneemt na deze data.

Tabel 4.3: De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgeredende afstanden.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	11365	11073	11370	11104	11266
Casus 2	11059	11392	11355	11104	11278
Casus 3	11131	11472	11447	11118	11190
Casus 4a	11255	11253	10946	11202	10712
Casus 4b	11254	10983	10950	11195	10706
Casus 5	11334	11315	10996	11218	10737
Casus 6a	11043	11034	11240	10790	11187
Casus 6b	11012	11096	11230	11210	11185



Figuur 4.1: Berekende aardappelopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.

Hieruit blijkt dat er grote verschillen zijn in de wijze waarop het gewas reageert op de veranderde temperaturen en vochtgehaltenes. In geval van casus 2 en 3 heeft de verwarming boven de leiding een sterk negatieve invloed. Bij casus 4a, 4b en 5 wordt de hoogste opbrengst boven de leiding verkregen. In geval van casus 1, 6a en 6b ligt de hoogste opbrengst op 2 m van de leiding. De oogsten variëren van 10712 kg d.s./ha (casus 4b, 10 m) tot 11472 kg d.s./ha (casus 3, 1 m).

Als wordt aangenomen dat de invloed van de leiding op 10 m afstand verwaarloosbaar klein is, dan mag de opbrengst op 10 m als “normaal” worden beschouwd en kan de invloed van de leiding op de gewasopbrengst worden gezien als het verschil tussen opbrengst op 10 m en op de beschouwde afstand. Deze resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.4.

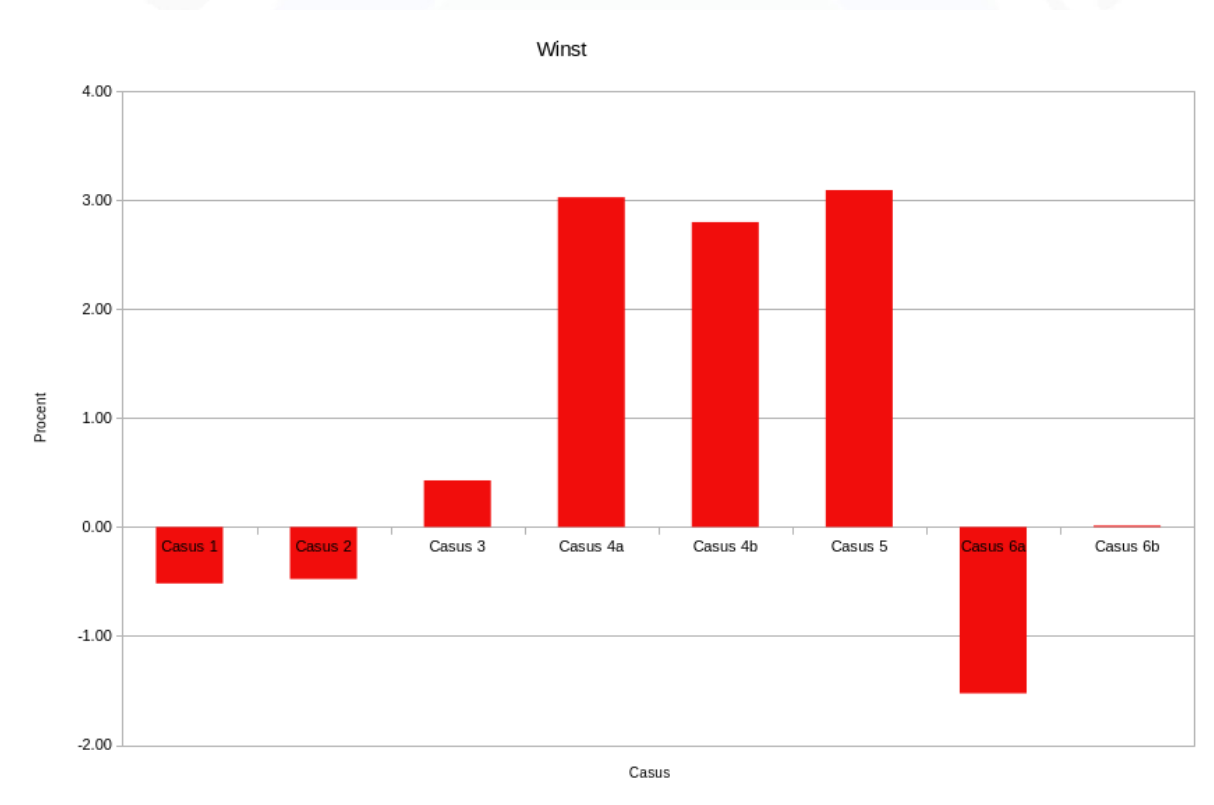
Hieruit komt duidelijk naar voren dat de grootste opbrengsttoename wordt verkregen boven de leiding in casus 5 (597 kg d.s./ha) en het grootste verlies op 2 m van de leiding in casus 6a (397 kg d.s./ha).

Om de totale invloed van de waterstofleidingen te kwantificeren kan worden gekeken naar een

Tabel 4.4: Verschil in drogestof opbrengst van aardappels (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.

Casus	Afstand tot leiding			
	0 m	1 m	2 m	5 m
Casus 1	99	-193	104	-162
Casus 2	-219	114	77	-174
Casus 3	-59	282	257	-72
Casus 4a	543	541	234	490
Casus 4b	548	277	244	489
Casus 5	597	578	259	481
Casus 6a	-144	-153	53	-397
Casus 6b	-173	-89	45	25

strook van 10 m links en rechts van de leidingen. Als wordt aangenomen dat de relatie tussen afstand en opbrengst lineair is tussen de berekende punten, dan kan het verschil in opbrengst worden weergegeven als percentage van de opbrengst op 10 m van de leiding. Dit is weergegeven in Figuur 4.2.



Figuur 4.2: Percentages extra aardappelopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.

Hieruit blijkt dat de verwarming een positieve invloed heeft op de geoogste hoeveelheid drogestof voor de casussen 3 (0,4%), 4a (3,0%), 4b (2,8%) en 5 (3,1%). Negatieve invloed treedt op bij casussen 1 (0,5%), 2 (0,5%) en 6a (1,5%). Casus 6b geeft een verwaarloosbaar kleine (positieve) invloed (<1%).

Hoofdstuk 5

Suikerbieten

Na het zaaien hebben bodemtemperatuur en -vocht invloed op de tijd die nodig is tot de opkomst van het gewas. De berekende opkomstdata zijn gegeven in Tabel 5.1.

Tabel 5.1: Opkomstdata van suikerbieten voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	24-Apr-2019	25-Apr-2019	27-Apr-2019	30-Apr-2019	02-May-2019
Casus 2	25-Apr-2019	26-Apr-2019	27-Apr-2019	01-May-2019	02-May-2019
Casus 3	26-Apr-2019	27-Apr-2019	28-Apr-2019	01-May-2019	02-May-2019
Casus 4a	22-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019
Casus 4b	22-Apr-2019	23-Apr-2019	24-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019
Casus 5	22-Apr-2019	23-Apr-2019	23-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019
Casus 6a	23-Apr-2019	24-Apr-2019	24-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019
Casus 6b	23-Apr-2019	24-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019

Hieruit blijkt dat de opkomstdata variëren tussen 22 april en 2 mei april, een verschil van 10 dagen. Tussen de doorgerekende afstanden zit per casus maximaal 8 dagen verschil. Voor alle casussen geldt dat de opkomstdatum later wordt als de afstand tot de leiding toeneemt. De verschillende bodemtemperaturen leiden tot verschillende groeisnelheden. De data waarop de gewassen volwassenheid hebben bereikt en dus oogstklaar zijn, verschillen dan ook. Zie hiervoor Tabel 5.2.

Tabel 5.2: Berekende oogstdata van suikerbieten voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.

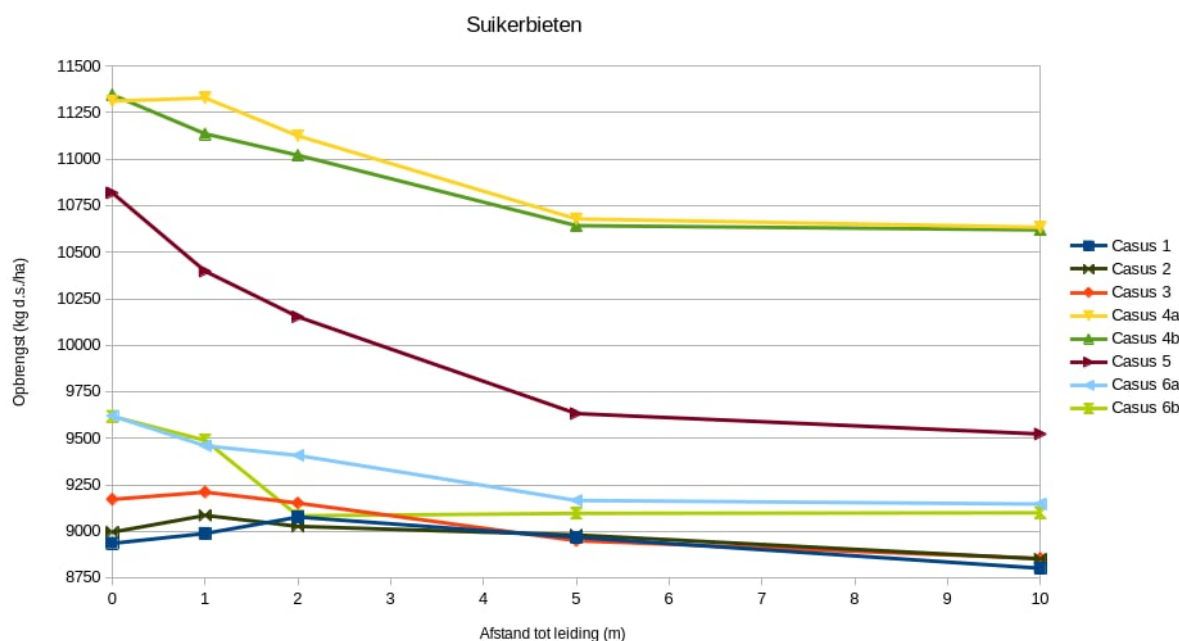
Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	13-Oct-2019	15-Oct-2019	14-Oct-2019	16-Oct-2019	19-Oct-2019
Casus 2	15-Oct-2019	15-Oct-2019	14-Oct-2019	17-Oct-2019	19-Oct-2019
Casus 3	15-Oct-2019	15-Oct-2019	15-Oct-2019	17-Oct-2019	20-Oct-2019
Casus 4a	11-Oct-2019	09-Oct-2019	10-Oct-2019	14-Oct-2019	15-Oct-2019
Casus 4b	09-Oct-2019	10-Oct-2019	11-Oct-2019	14-Oct-2019	15-Oct-2019
Casus 5	11-Oct-2019	10-Oct-2019	10-Oct-2019	14-Oct-2019	15-Oct-2019
Casus 6a	10-Oct-2019	11-Oct-2019	11-Oct-2019	14-Oct-2019	15-Oct-2019
Casus 6b	09-Oct-2019	11-Oct-2019	14-Oct-2019	14-Oct-2019	15-Oct-2019

De oogstdata variëren tussen 9 oktober en 17 oktober. Binnen de cases zit tussen de afstanden maximaal 6 dagen verschil in oogstdata.

Ervan uitgaande dat de bieten op de bovengenoemde data worden geoogst, is de berekende hoeveelheid droge stof die als suikerbiet geoogst wordt gegeven in Tabel 5.3 en Figuur 5.1.

Tabel 5.3: De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van suikerbieten voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	8936	8989	9077	8968	8802
Casus 2	8996	9086	9027	8981	8852
Casus 3	9172	9211	9152	8950	8855
Casus 4a	11312	11329	11125	10679	10634
Casus 4b	11346	11136	11021	10643	10620
Casus 5	10819	10398	10153	9633	9523
Casus 6a	9620	9460	9408	9166	9147
Casus 6b	9618	9489	9084	9097	9100



Figuur 5.1: Berekende suikerbietenopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.

Hieruit blijkt dat de maximale opbrengst in geval van casus 2, 3, en 4a optreden op 1 m van de leiding. Bij casus 1 is de hoogste opbrengst op 2 m van de leiding. Voor de overige casussen is de opbrengst maximaal boven de leiding. Deze verschillen worden veroorzaakt door de andere bodemvocht- en bodemtemperatuurprofielen.

Als wordt aangenomen dat de invloed van de leiding op 10 m afstand verwaarloosbaar klein is, dan mag de opbrengst op 10 m als “normaal” worden beschouwd en kan de invloed van de leiding op de gewasopbrengst worden gezien als het verschil tussen opbrengst op 10 m en op de beschouwde afstand. Dit is gegeven in Tabel 5.4.

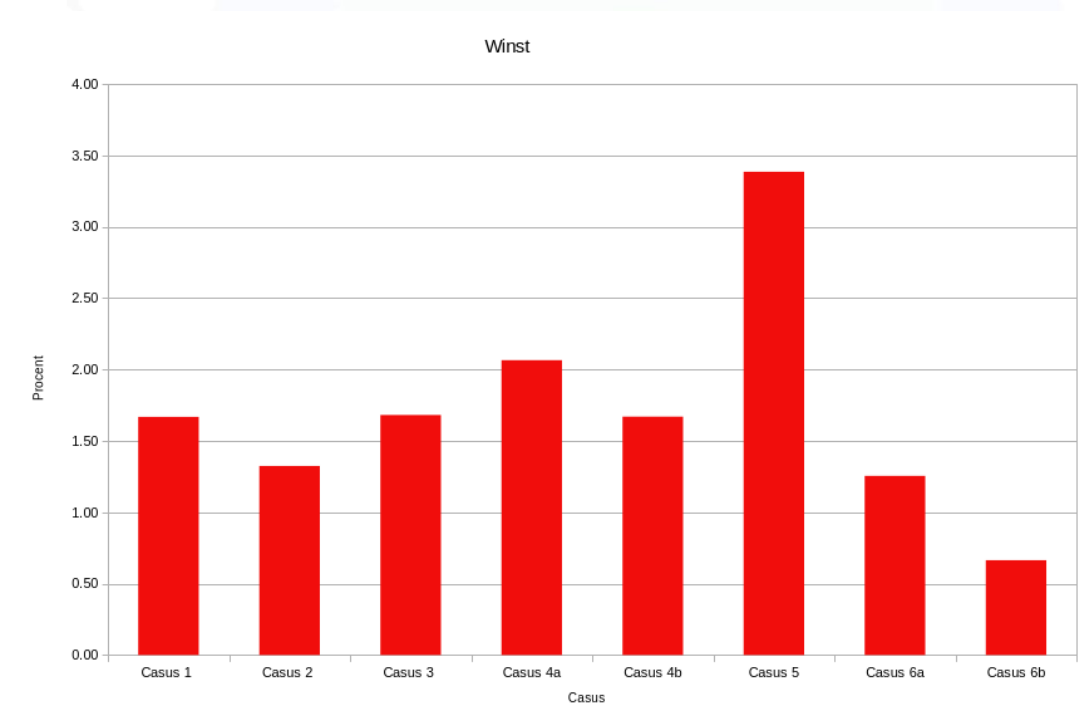
In bijna alle casussen zijn de waarden in Tabel 5.4 positief, hetgeen impliceert dat de leiding in alle gevallen een positieve invloed heeft op de opbrengst van suikerbieten. Alleen casus 6b

Tabel 5.4: Verschil in drogestof opbrengst van suikerbieten (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 8 casussen en 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.

Casus	Afstand tot leiding			
	0 m	1 m	2 m	5 m
Casus 1	134	187	275	166
Casus 2	144	234	175	129
Casus 3	317	356	297	95
Casus 4a	678	695	491	45
Casus 4b	726	516	401	23
Casus 5	1296	875	630	110
Casus 6a	473	313	261	19
Casus 6b	518	389	-16	-3

vertoont negatieve waarden op 2 m en op 5 m van de leiding. De grootste opbrengstwinst treedt op in casus 5: 1296 kg d.s./ha boven de leiding. Het maximale verlies is 16 kg d.s./ha in casus 6b op 2 m van de leiding.

Om de totale invloed van de verwarmingsleiding te kwantificeren kan worden gekeken naar een strook van 10 m links en rechts van de leiding. Als wordt aangenomen dat de relatie tussen afstand en opbrengst lineair is tussen de berekende punten, dan kan het verschil in opbrengst worden weergegeven als percentage van de opbrengst op 10 m van de leiding. Zie Figuur 5.2.



Figuur 5.2: Percentages extra suikerbietenopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.

Deze figuur toont aan dat de leiding een positief effect heeft op de gewasopbrengst van alle doorgerekende casussen. De winst t.o.v. niet-verwarmd varieert van 0,7% (casus 6b) tot 3,4% (casus 5).

Hoofdstuk 6

Graan

Na het zaaien hebben bodemtemperatuur en -vocht invloed op de tijd die nodig is tot de opkomst van het gewas. De berekende opkomstdata van het graan zijn gegeven in Tabel 6.1.

Tabel 6.1: Opkomstdata van graan voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	21-Apr-2019	21-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	23-Apr-2019
Casus 2	21-Apr-2019	21-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	23-Apr-2019
Casus 3	22-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	24-Apr-2019	24-Apr-2019
Casus 4a	18-Apr-2019	18-Apr-2019	19-Apr-2019	20-Apr-2019	20-Apr-2019
Casus 4b	18-Apr-2019	18-Apr-2019	19-Apr-2019	20-Apr-2019	20-Apr-2019
Casus 5	18-Apr-2019	19-Apr-2019	19-Apr-2019	20-Apr-2019	21-Apr-2019
Casus 6a	19-Apr-2019	19-Apr-2019	20-Apr-2019	21-Apr-2019	21-Apr-2019
Casus 6b	19-Apr-2019	20-Apr-2019	20-Apr-2019	21-Apr-2019	21-Apr-2019

Hieruit blijkt dat de opkomstdata variëren tussen 18 april en 24 april, dus 6 dagen verschil. Het gewas komt het eerste op boven de leiding in casus 4a, 4b en 5 (17 april) en op 1 m bij casus 4a en 4b. De laatste opkomstdata zijn op 5m en 10 m van de leiding voor casus 3. De verschillende bodemtemperaturen en drukhoogtes leiden tot andere groeisnelheden. De data waarop de gewassen volwassenheid hebben bereikt en dus oogstklaar zijn, verschillen dan ook. Zie hiervoor Tabel 6.2.

Tabel 6.2: Berekende oogstdata van graan voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.

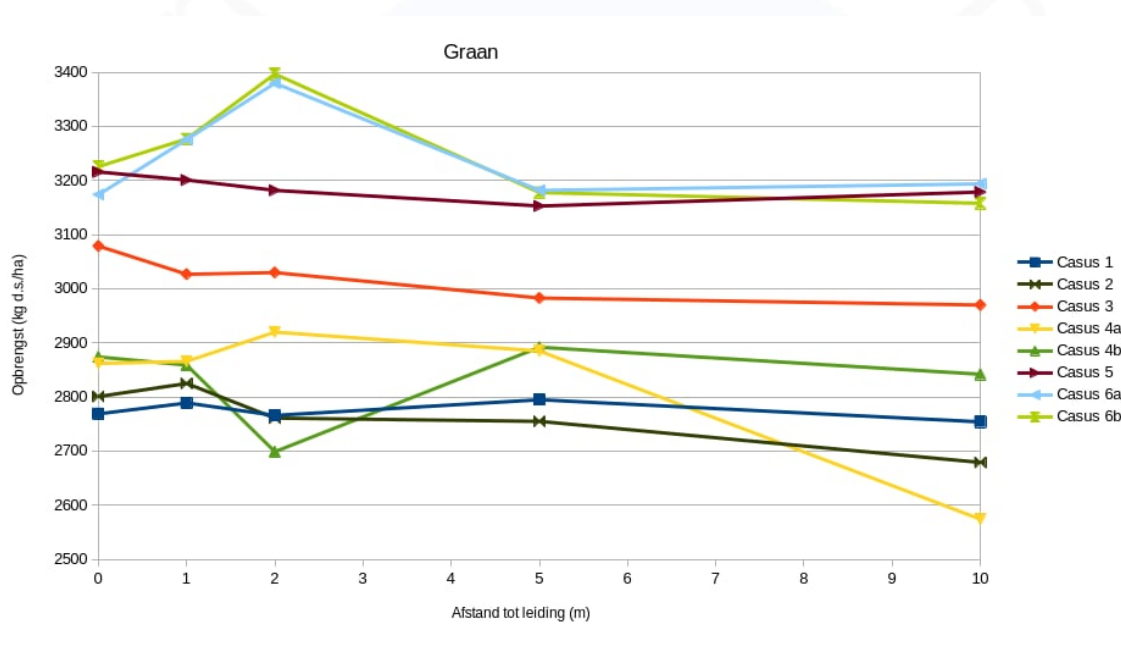
Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	30-Aug-2019	30-Aug-2019	31-Aug-2019	31-Aug-2019	31-Aug-2019
Casus 2	30-Aug-2019	30-Aug-2019	31-Aug-2019	31-Aug-2019	01-Sep-2019
Casus 3	29-Aug-2019	29-Aug-2019	29-Aug-2019	30-Aug-2019	30-Aug-2019
Casus 4a	29-Aug-2019	29-Aug-2019	29-Aug-2019	30-Aug-2019	30-Aug-2019
Casus 4b	29-Aug-2019	29-Aug-2019	30-Aug-2019	30-Aug-2019	30-Aug-2019
Casus 5	27-Aug-2019	27-Aug-2019	27-Aug-2019	28-Aug-2019	28-Aug-2019
Casus 6a	28-Aug-2019	28-Aug-2019	28-Aug-2019	29-Aug-2019	29-Aug-2019
Casus 6b	28-Aug-2019	28-Aug-2019	28-Aug-2019	29-Aug-2019	29-Aug-2019

De oogstdata op de verschillende afstanden variëren maximaal 2 dagen (casus 2). Bij de overige casussen zit er zelfs maar 1 dag tussen de oogstdatum boven de leiding en op 10 m afstand. De berekende hoeveelheid droge stof die op de genoemde data als graan geoogst kan

worden is gegeven in Tabel 6.3 en Figuur 6.1.

Tabel 6.3: De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van graan voor de 5 doorgekende afstanden en 8 casussen.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	2769	2789	2766	2795	2754
Casus 2	2801	2825	2761	2755	2679
Casus 3	3079	3027	3030	2983	2970
Casus 4a	2862	2866	2920	2885	2574
Casus 4b	2874	2859	2699	2892	2842
Casus 5	3216	3201	3182	3153	3179
Casus 6a	3174	3276	3380	3182	3194
Casus 6b	3226	3277	3397	3178	3158



Figuur 6.1: Berekende graanopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.

Hieruit blijkt dat het gewas per casus anders reageert op de verwarming door de waterstofleiding. Bij casus 1 ligt de hoogste opbrengst op 5 m van de leiding. Casus 2 heeft de hoogste opbrengst op 1 m van de leiding, terwijl de hoogste opbrengst in casus 3 boven de leiding wordt verkregen. Opvallend is dat bij casus 4a de opbrengst op 10 m aanzienlijk lager is dan voor de andere afstanden, hetgeen een positieve invloed van de leiding impliceert. Bij casus 4b zit er een opvallende dip in de opbrengst op 2 m. De lijn bij casus 5 loopt vrijwel horizontaal, dus hier is de invloed van de leiding op de gewasopbrengst klein. Bij de casussen 6a en 6b is er een duidelijke meeropbrengst te zien op 2 m van de leiding. Al deze verschillen worden veroorzaakt door een veranderde bodemtemperatuur en drukhoogte onder invloed van de leiding, waardoor de gewasgroei groter of kleiner wordt.

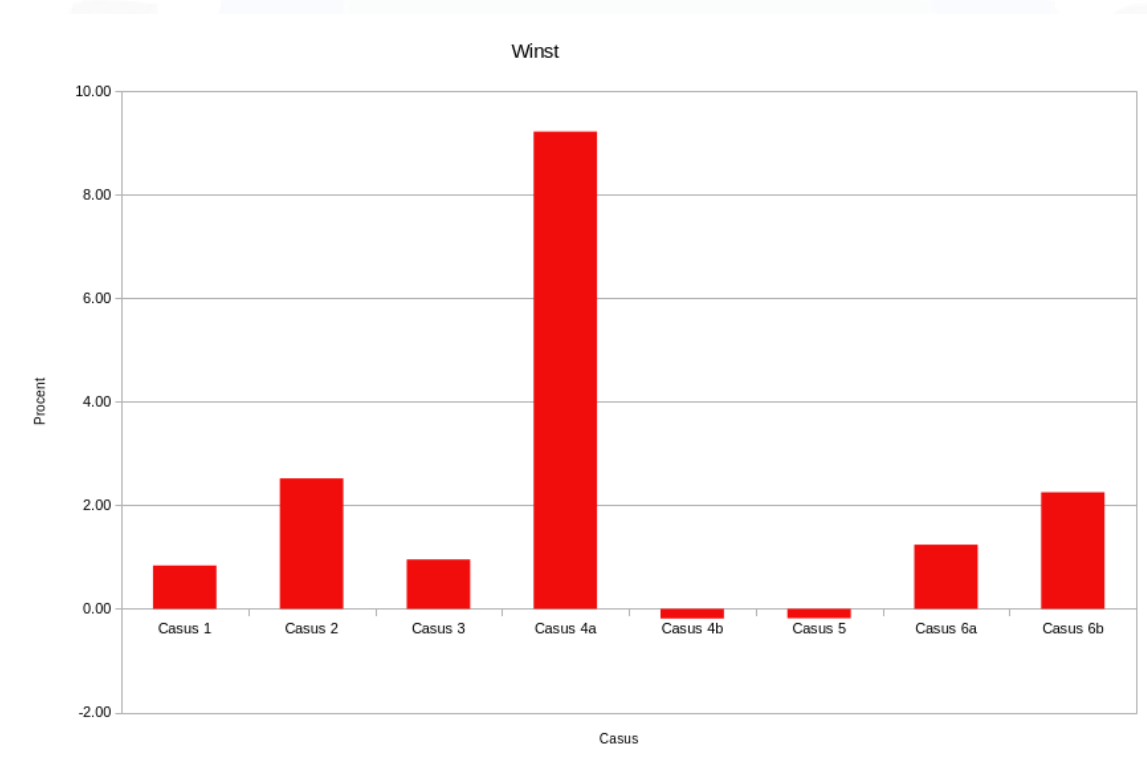
Als wordt aangenomen dat de invloed van de leiding op 10 m afstand verwaarloosbaar klein is, dan mag de opbrengst op 10 m als “normaal” worden beschouwd en kan de invloed van de leiding op de gewasopbrengst worden gezien als het verschil tussen opbrengst op 10 m en op de beschouwde afstand. Dit is gegeven in Tabel 6.4.

Tabel 6.4: Verschil in drogestof opbrengst van graan (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 8 casussen en 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.

0 m	Afstand tot leiding			
	1 m	2 m	5 m	
Casus 1	15	35	12	41
Casus 2	122	146	82	76
Casus 3	109	57	60	13
Casus 4a	288	292	346	311
Casus 4b	32	17	-143	50
Casus 5	37	22	3	-26
Casus 6a	-20	82	186	-12
Casus 6b	68	119	239	20

Hieruit komt duidelijk naar voren dat de warmteleiding de opbrengst het meest beïnvloedt in casus 4a. De minste invloed treedt op in casussen 4b en 5. Negatieve invloeden komen voor in casus 4b op 2 m, casus 5 op 5 m en casus 6a op 0 m en 5 m.

Om de totale invloed van de verwarmingsleiding te kwantificeren kan worden gekeken naar een strook van 10 m links en rechts van de leiding. Als wordt aangenomen dat de relatie tussen afstand en opbrengst lineair is tussen de berekende punten, dan kan het verschil in opbrengst worden weergegeven als percentage van de opbrengst op 10 m van de leiding. Zie Figuur 6.2.



Figuur 6.2: Percentages extra graanopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerkende casussen.

Uit deze figuur blijkt dat alleen de casussen 4b en 5 een (zeer kleine) negatieve invloed ondervinden van de verwarming door de leiding, nl. 0,2%. Bij de overige casussen varieert de meeropbrengst tussen de 0,8% (casus 1) en 9,2% (casus 4a).

Hoofdstuk 7

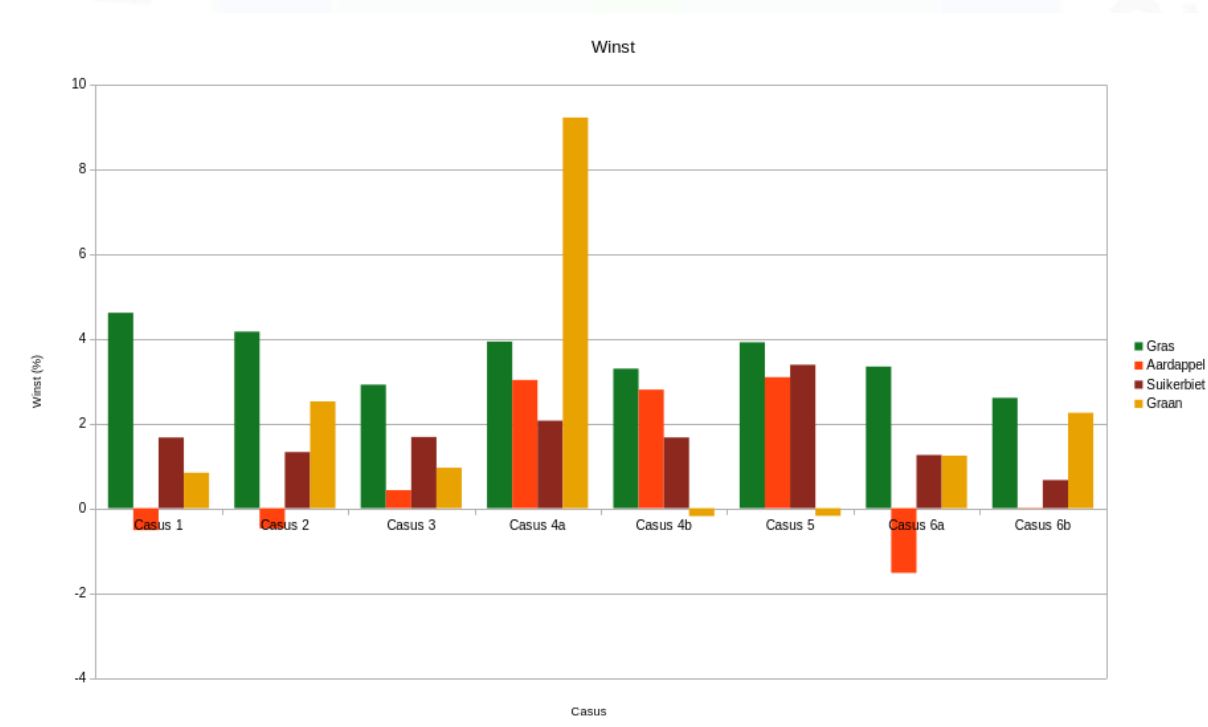
Beperkingen, opmerkingen en conclusies

- Volgens afspraak is er slechts gerekend voor 1 jaar, nl. het relatief droge jaar 2019, waardoor de gepresenteerde resultaten alleen geldig zijn voor dit jaar. Om meer algemene uitspraken te kunnen doen zijn berekeningen nodig over een langere periode, bij voorkeur meer dan 15 jaar.
- De verschillen tussen opbrengsten op de doorgerekende afstanden tot de leiding worden veroorzaakt door de combinaties van (al of niet) optimale temperaturen en drukhoogtes.
- De hier getoonde resultaten gelden alleen voor de beschouwde profielen en randvoorwaarden.
- De resultaten voor een gewas kunnen per ras verschillen, zo zal het ene aardappelras beter tegen hoge of lage bodemtemperaturen kunnen dan het andere.
- De invloeden van bodemtemperatuur en drukhoogte op de opbrengst van het gewas zijn niet-lineair en mogen niet los van elkaar worden beschouwd.
- Voor de hier beschouwde cases en voor het jaar 2019 blijkt de hoge temperatuur van de transportleiding een positief effect te hebben op de opbrengst van gras: de meeropbrengst varieert van 2,6% (casus 6b) tot 4,6% (casus 1).
- Bij aardappels heeft de leiding een positieve invloed op de geoogste hoeveelheid drogestof voor de casussen 3 (0,4%), 4a (3,0%), 4b (2,8%) en 5 (3,1%). Negatieve invloed treedt op bij casussen 1 (-0,5%), 2 (-0,5%) en 6a (-1,5%). Casus 6b geeft een verwaarloosbaar kleine (positieve) invloed (<1%).
- Bij suikerbieten heeft de leiding een positief effect op de gewasopbrengst van alle doorgerekende casussen. De winst t.o.v. niet-verwarmd varieert van 0,7% (casus 6b) tot 3,4% (casus 5).
- Bij graan ondervinden alleen de casussen 4b en 5 een (zeer kleine) negatieve invloed van de verwarming door de leiding, nl. -0,2%. Bij de overige casussen varieert de meeropbrengst tussen de 0,8% (casus 1) en 9,2% (casus 4a).
- Uit een nadere analyse blijkt dat de opbrengst van het gewas (modelmatig) sterk wordt beïnvloed door de opkomstdatum.
- Verschillen in opkomstdata tussen de diverse afstanden tot de leiding kunnen ook negatieve consequenties hebben. Voor een goede onkruidbestrijding is een uniforme opkomst van de aardappelen een vereiste. Hiermee is in het huidige onderzoek geen rekening gehouden.

- Bij suikerbieten is het suikergehalte van de biet van groot belang. Dit wordt zowel door de temperatuur als door het vochtgehalte van de bodem bepaald. Hierdoor kan het suikergehalte van de biet sterk variëren met de afstand tot de leiding. Ook dit is niet meegenomen in de huidige studie.
- Bij suikerbieten is de onkruidbestrijding afhankelijk van de grootte van het onkruid en de grootte van de bietenplant. Als de rest van het perceel met een lage dosering onkruidbestrijding kan worden uitgevoerd is dat mogelijk op de leidingstrook (vanwege grotere bietenplanten en onkruidplantjes) een te lage dosering. Hier is in de huidige studie geen rekening mee gehouden.
- Tijdens het bestuderen van literatuur over het onderwerp bodemwarmte kwam duidelijk naar voren dat de kwaliteit van graan sterk wordt beïnvloed door bodemtemperaturen. Hier is bij het huidige onderzoek geen rekening mee gehouden.
- Ook bij granen kunnen verschillende opkomstdata een negatieve invloed hebben op de eindopbrengst daar het moeilijk is om in dat geval de juiste data te bepalen voor onkruidbestrijding en het bestrijden van ziektes zoals schimmels.
- Bij graan kan een verschil in oogstdatum van 1 of 2 dagen het verschil zijn in bijvoorbeeld voergerst of brouwerst, hetgeen tot behoorlijke (financiële) opbrengstverschillen kan leiden.
- Het is in de praktijk niet haalbaar om een strook gewas apart te oogsten van een naastliggende strook. Hierdoor moeten de oogstdata zoals gegeven in dit rapport als indicatief worden beschouwd.
- Er zou een aparte studie moeten worden gedaan naar de invloed van bodemverwarming door leidingen op het bodemleven en de invloed daarvan op de gewasgroei.

Samenvatting

- De waterstofleiding heeft een positief effect op de opbrengst van gras voor alle doorgerekende casussen: de meeropbrengst varieert van 2,6% (casus 6b) tot 4,6% (casus 1).
- De verwarming heeft een positieve invloed op de geoogste hoeveelheid drogestof bij aardappels voor de casussen 3 (0,4%), 4a (3,0%), 4b (2,8%) en 5 (3,1%). Negatieve invloed treedt op bij casussen 1 (0,5%), 2 (0,5%) en 6a (1,5%). Casus 6b geeft een verwaarloosbaar kleine (positieve) invloed ($<1\%$)
- Bij suikerbieten heeft de leiding een positief effect op de gewasopbrengst van alle doorgerekende casussen. De winst t.o.v. niet-verwarmd varieert van 0,7% (casus 6b) tot 3,4% (casus 5).
- Bij graan ondervinden alleen de casussen 4b en 5 een (zeer kleine) negatieve invloed van de verwarming door de leiding, nl. 0,2%. Bij de overige casussen varieert de meeropbrengst tussen de 0,8% (casus 1) en 9,2% (casus 4a).



Figuur 7.1: Percentages extra gewasopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen en 4 gewassen.

Bibliografie

- H.L. Boogaard, C.A. van Diepen, R.P. Rötter, J.C.M.A. Cabrera, and H.H. van Laar. Wofost 7.1. user guide for the wofost 7.1 crop growth simulation model and wofost control center 5.1. Technical report, Techn. Doc. 52, Alterra, WUR, Wageningen, The Netherlands, 1998.
- J.G. Kroes, J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit, and P.E.V. van Walsum. Swap version 4; theory description and user manual. Technical report, Wageningen Environmental Research, Report 2780, 2017.
- J. Van Esch. Warmteafdracht waterstofleiding eemshaven-tjuchem-delfzijl. modelberekeningen bodemtemperatuur, vochtgehalte en gewasopbrengst. Technical report, Deltares, Rapport 11210079-001-GEO-0001-v1.0-warmteafdracht waterstofleiding, 2023.

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

www.deltares.nl

Bijlage 6

Invloed waterstofleiding op gewasopbrengst

Invloed van de waterstofleiding Eemshaven-Tjuchem-Delfzijl op de gewasopbrengst

dr. ir. J.G. (Jan) Wesseling

Versie 2 (20 December 2023)

Wageningen Environmental Software Rapport 8
<http://www.wesw.nl/reports/08/index.php>

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Modelleren van gewasgroei	5
3	Gras	6
4	Aardappelen	10
5	Suikerbieten	13
6	Graan	16
7	Beperkingen, opmerkingen en conclusies	19

Lijst van figuren

3.1	De gemaaide hoeveelheid gras (in kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding voor de acht beschouwde casussen.	8
3.2	Percentages winst aan grasopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.	8
4.1	Berekende aardappelopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.	11
4.2	Percentages winst aan aardappelopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.	12
5.1	Berekende suikerbietenopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.	14
5.2	Percentages winst aan suikerbietenopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.	15
6.1	Berekende graanopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.	17
6.2	Percentages winst aan graanopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.	18
7.1	Percentages winst aan gewasopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen en 4 gewassen.	21

Lijst van tabellen

1.1	De doorgerekende casussen met bijbehorende Deltares-casusnummers, leidingtype en bodemtype.	4
3.1	Gecumuleerde gewasverdamping (mm) over de periode 1 januari t/m 15 oktober 2019 voor 8 casussen en 5 afstanden.	6
3.2	Eerste oogstdata in 2019.	7
3.3	Hoeveelheden gemaaid gras in 2019 (kg d.s./ha) voor de 8 doorgerekende casussen en 5 afstanden tot de leiding.	7
3.4	Meeropbrengsten gras (kg d.s./ha) door de aanwezigheid van de leiding in 2019 (kg d.s./ha) voor de 8 doorgerekende casussen en 4 afstanden tot de leiding.	7
4.1	Opkomstdata van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.	10
4.2	Berekende oogstdata van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.	10
4.3	De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.	11
4.4	Verschil in drogestof opbrengst van aardappels (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.	12
5.1	Opkomstdata van suikerbieten voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.	13
5.2	Berekende oogstdata van suikerbieten voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.	13
5.3	De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van suikerbieten voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.	14
5.4	Verschil in drogestof opbrengst van suikerbieten (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 8 casussen en 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.	15
6.1	Opkomstdata van graan voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.	16
6.2	Berekende oogstdata van graan voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.	16
6.3	De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van graan voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.	17
6.4	Verschil in drogestof opbrengst van graan (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 8 casussen en 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.	18

Hoofdstuk 1

Inleiding

Voor het waterstoftransport door het waterstofnetwerk Groningen wordt door de GasUnie een nieuwe leiding aangelegd in het tracé Eemshaven – Tjuchem en het tracé Tjuchem – Delfzijl. Een mogelijk knelpunt bij de aanleg vormt de relatief hoge temperatuur van de waterstof direct na de productie en onderzoek moet uitwijzen in welke mate de omgeving daar eventueel nadelige effecten van zou kunnen ondervinden.

Door Deltares is onderzoek gedaan naar de opwarming van de grond rond de nieuw aan te leggen leiding in agrarisch gebied (zie Van Esch (2023)). In het onderzoek zijn de opwarming van de grond en de effecten op de omgeving vastgesteld met modelberekeningen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een zestal representatieve bodemprofielen waarin de sequentie van grondlagen en de stijghoogte in het watervoerend pakket is gevarieerd. De temperatuur van de waterstof in de beschouwde DN400 leiding en DN1050 leiding is 30 °C. In totaal zijn er 8 mogelijke combinaties (casussen) doorgerekend.

De berekeningen zijn door Deltares uitgevoerd met de meteorologische gegevens van het KNMI-station in Eelde voor de jaren 2018 en 2019, waarbij 2018 wordt beschouwd als nodig om de correcte initiële gegevens voor 2019 te bereiken. Voor meer details en resultaten kan worden verwezen naar Van Esch (2023). Als vervolg op dat onderzoek worden hier de effecten van de leiding op de gewasopbrengsten in agrarisch gebied onderzocht voor vier gewassen, t.w. gras, aardappels, suikerbieten en granen. Hiervoor worden de door Deltares berekende stijghoogte- en temperatuurprofielen in de bodem gebruikt. De beschouwde afstanden tot de leiding zijn 0 m, 1 m, 2 m, 5 m en 10 m. Ook de meteorologische gegevens van het KNMI-station Eelde worden gebruikt voor het berekenen van de gewasopbrengst.

De doorgerekende casussen zijn weergegeven in tabel 1.1.

Tabel 1.1: De doorgerekende casussen met bijbehorende Deltares-casusnummers, leidingtype en bodemtype.

Casus	Deltares-casus	Leiding	Bodem
1	1	DN1050	klei zandig
2	2	DN1050	klei zandig
3	3	DN1050	zand kleiig
4	4a	DN1050	klei siltig
5	4b	DN400	klei siltig
6	5	DN1050	klei siltig
7	6a	DN1050	klei organisch
8	6b	DN400	klei organisch

Meer details over de exacte ligging van het traject van de waterstofleiding, een beschrijving van de casussen en de hydrologische eigenschappen van de bodem kan de geïnteresseerde lezer vinden in het desbetreffende rapport van Deltares (Van Esch, 2023).

Hoofdstuk 2

Modelleren van gewasgroei

Voor de groei van een gewas zijn een aantal vereisten bekend: er moeten voldoende straling, water en voedingsstoffen aanwezig zijn en de luchttemperatuur mag niet te hoog of te laag zijn. Ook aan de bodemtemperatuur worden eisen gesteld. Al deze factoren bepalen of een gewas al of niet optimaal kan groeien. Voor het huidige onderzoek is de gewasgroei gesimuleerd met een numeriek model dat is afgeleid van de gedetailleerde grasgroeimodule uit het door Wageningen Environmental Research (WEnR) ontwikkelde numerieke model Swap (Soil-Water-Atmosphere-Plant). Zie Kroes et al. (2017) voor meer details. Deze module is door de ontwikkelaars van Swap getest en gekalibreerd met behulp van op proefboerderijen gemeten gewasopbrengsten. Hierbij wordt echter nog geen rekening gehouden met de invloed van de bodemtemperatuur. De gewasmodule uit Swap was oorspronkelijk geschreven in de programmeertaal Fortran. Voor het hier beschreven onderzoek is hij uit Swap geëxtraheerd, vertaald naar de programmeertaal Julia, omgevormd tot een zelfstandig werkend programma en is er een functie aan toegevoegd die het effect van de bodemtemperatuur op de gewasgroei implementeert. Door het model wordt de potentiële dagelijkse groei berekend uit de meteorologische gegevens en de hoeveelheid gewas die op het veld staat. Deze hoeveelheid wordt verdeeld over de verschillende onderdelen van het gewas, afhankelijk van het ontwikkelingsstadium. Ook de worteldiepte wordt voor elke dag berekend aan de hand van de hoeveelheid aanwezig gewas. De (door Deltares berekende) bodemtemperaturen en stijghoogtes¹ worden gebruikt om samen met de berekende diepte van de wortelzone en de relaties tussen bodemtemperatuur en groei en tussen drukhoogte en groei voor elke diepte in de wortelzone de correctiefactoren voor de dagelijkse groei te bepalen. Met behulp van deze factoren wordt de actuele dagelijkse groei berekend uit de potentiële groei. De berekeningen zijn uitgevoerd voor 8 casussen en vijf afstanden tot de leiding (0 m, 1 m, 2 m, 5 m en 10 m). Hierbij is ervan uitgegaan dat het temperatuurverloop aan beide zijden van de leiding identiek verloopt.

¹Hierbij wordt gedaan alsof er een heel veld vol van hetzelfde gewas staat met overal dezelfde stijghoogte- en temperatuurprofielen en wordt de opbrengst uitgedrukt in kg drogestof per ha (kg d.s./ha).

Hoofdstuk 3

Gras

Bij de modelberekeningen wordt ervan uitgegaan dat het gewas op 15 oktober stopt met groeien. Een van de interessante waarden is de hoeveelheid water die het gewas heeft gebruikt om zich te ontwikkelen, de actuele gewasverdamping of transpiratie. Deze waarden zijn gegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Gecumuleerde gewasverdamping (mm) over de periode 1 januari t/m 15 oktober 2019 voor 8 casussen en 5 afstanden.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
1	784	790	785	761	750
2	785	787	779	760	750
3	782	781	772	758	751
4	762	761	751	738	730
4b	760	755	744	732	728
5	769	769	759	745	737
6a	753	749	743	727	723
6b	749	744	738	726	722

Uit deze tabel blijkt dat het maximale verschil tussen de waarden van de gewasverdamping binnen een casus niet groot is. Het grootste verschil treedt op bij casus 1: 40 mm (5,1%), terwijl casus 6b het kleinste verschil levert: slechts 27 mm (3,6%). De meeste verdamping vindt plaats in casus 1 op 1 m afstand van de leiding: 790 mm. De laagste gewasverdamping is op 10 m van de leiding in casus 6b: 722 mm.

In het model wordt aangenomen dat het gras gemaaid kan worden als er voldoende (4000 kg d.s./ha voor een normale snede, 2750 kg d.s./ha voor een laatste snede) aanwezig is. Tabel 3.2 geeft de data waarop de eerste snede is uitgevoerd voor de 8 doorgerekende casussen en de 5 afstanden tot de leiding.

Uit deze tabel blijkt dat de leiding geen invloed heeft op de datum waarop de eerste snede gedaan wordt. Tussen de casussen onderling zit maximaal 3 dagen verschil. Deze verschillen worden veroorzaakt door de verschillen in bodemopbouw, verwarmingssysteem en randvoorwaarden, waardoor het temperatuurverloop verschilt tussen de casussen. Zie Van Esch (2023) voor meer details. Omdat het praktisch niet haalbaar is om iedere meter op een apart tijdstip te maaien is ervoor gekozen om alles te maaien op het moment dat er voldoende gras staat op 10 m van de leiding. De aldus verkregen hoeveelheden gemaaid gras zijn gegeven in Tabel 3.3 en Figuur 3.1.

Tabel 3.2: Eerste oogstdata in 2019.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
1	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019
2	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019	03-Jun-2019
3	02-Jun-2019	02-Jun-2019	02-Jun-2019	02-Jun-2019	02-Jun-2019
4a	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019
4b	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019
5	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019	04-Jun-2019
6a	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019
6b	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019	05-Jun-2019

Tabel 3.3: Hoeveelheden gemaaid gras in 2019 (kg d.s./ha) voor de 8 doorgerekende casussen en 5 afstanden tot de leiding.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
1	13468	14012	14222	13383	12903
2	13712	14046	14052	13333	12927
3	13619	13794	13698	13225	12950
4a	13509	13687	13480	12853	12519
4b	13712	13613	13215	12679	12468
5	13704	13884	13665	13029	12695
6a	13600	13488	13239	12612	12409
6b	13484	13299	13043	12531	12403

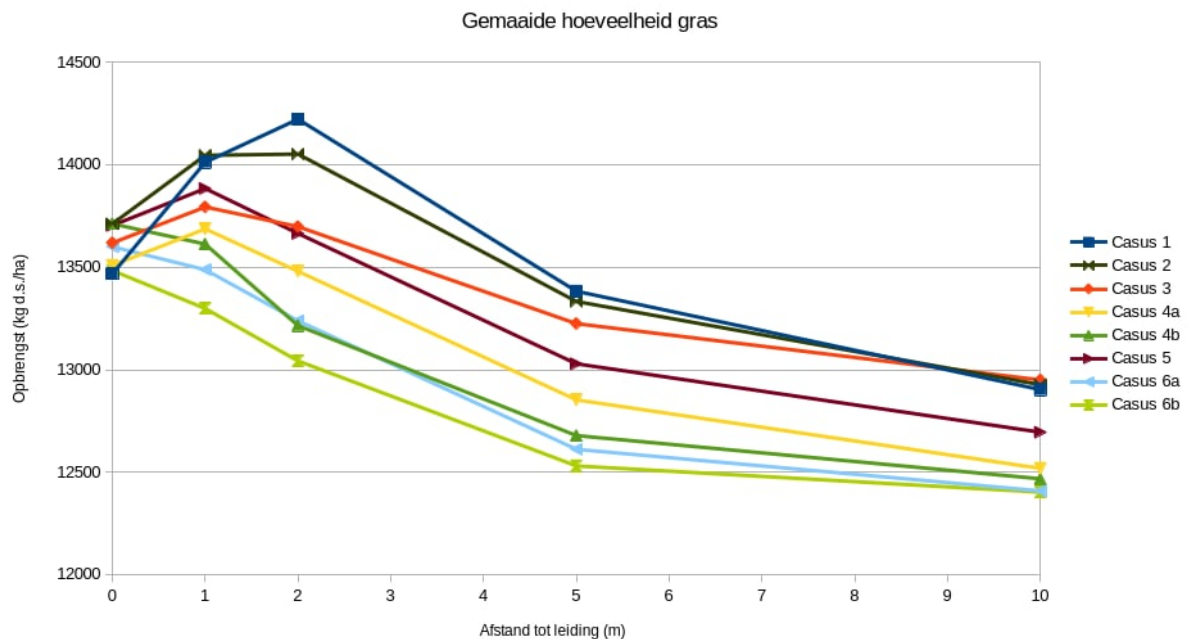
Uit deze tabel blijkt dat de verwarming door de leiding in het algemeen een positieve invloed heeft op de gemaaide hoeveelheid gras. Als wordt aangenomen dat de invloed van de leiding op 10 m afstand verwaarloosbaar klein is, dan kan de meeropbrengst door de aanwezigheid van de leiding worden berekend. Deze meeropbrengst is gegeven in Tabel 3.4.

Tabel 3.4: Meeropbrengsten gras (kg d.s./ha) door de aanwezigheid van de leiding in 2019 (kg d.s./ha) voor de 8 doorgerekende casussen en 4 afstanden tot de leiding.

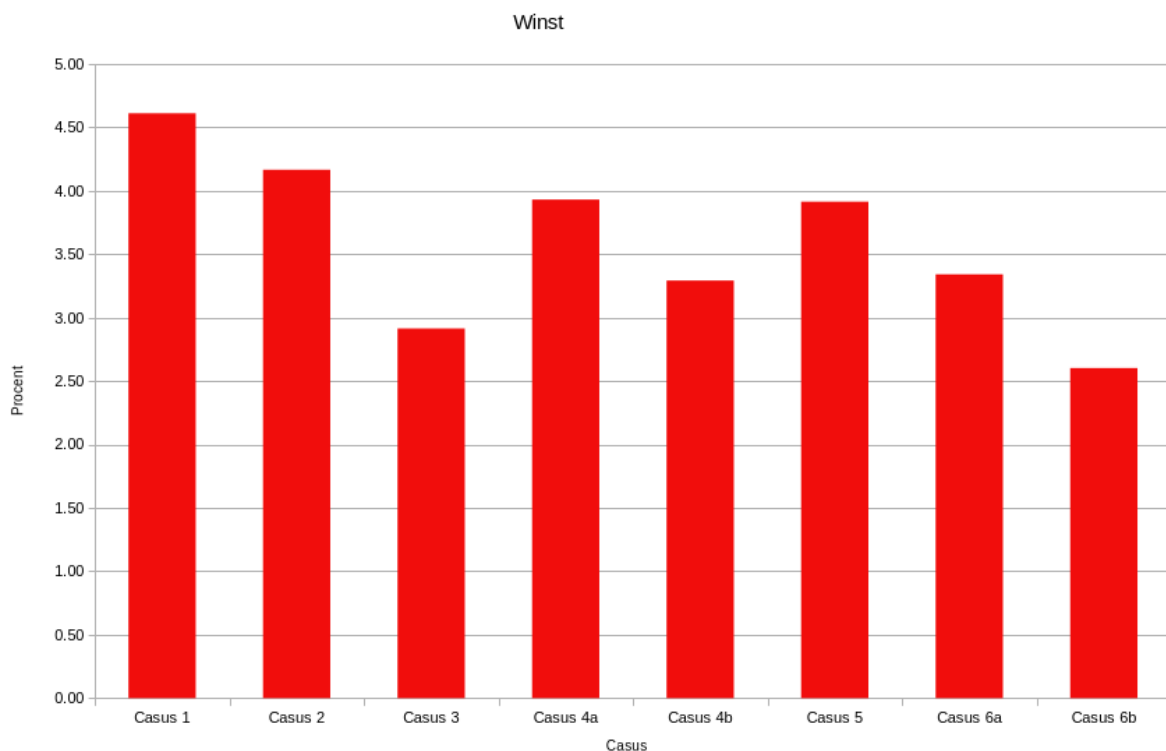
Casus	Afstand tot leiding			
	0 m	1 m	2 m	5 m
Casus 1	565	1109	1319	480
Casus 2	785	1119	1125	406
Casus 3	669	844	748	275
Casus 4a	990	1168	961	334
Casus 4b	1244	1145	747	211
Casus 5	1009	1189	970	334
Casus 6a	1191	1079	830	203
Casus 6b	1081	896	640	128

Voor de casussen 4b, 6a en 6b is de hoogste opbrengst boven de leiding. Voor de casussen 1 en 2 ligt de hoogste opbrengst op 2 m van de leiding en voor de overige casussen is de hoogste opbrengst op 1 m van de leiding. De hoogste opbrengst wordt gehaald op 2 m van de leiding in casus 1 (14222 kg d.s./ha), de laagste op 10 m van de leiding in casus 6b. Het grootste effect van de bodemverwarming is te merken in casus 4b: 1244 kg d.s./ha verschil tussen de hoogste

en de laagste opbrengst. Het kleinste verschil (844 kg d.s./ha) treedt op in casus 3. Uit Figuur 3.1 worden de verschillen tussen de casussen en afstanden direct duidelijk.



Figuur 3.1: De gemaaide hoeveelheid gras (in kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding voor de acht beschouwde casussen.



Figuur 3.2: Percentages winst aan grasopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.

Om een indruk te krijgen van de totale verandering in opbrengst is gekeken naar een strook

land van 10 m breed, 5 m aan weerszijden van de leiding. Hierbij is de som van de gemaaide hoeveelheid gras en de hoeveelheid die aan het eind van het seizoen nog op het land aanwezig is beschouwd. Aannemende dat het verloop van de opbrengst met de afstand tot de leiding lineair is, kan de totale opbrengst van de strook worden vergeleken met de locatie waar de invloed van de leiding het kleinst is, in dit geval op 10 m afstand. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 3.2. Uit deze figuur blijkt dat de verwarming door de leiding in alle casussen een meeropbrengst oplevert die varieert van 2,6% (casus 6b) tot 4,6% (casus 1).



Hoofdstuk 4

Aardappelen

Aangezien de waterstofleiding tot een veranderd vocht- en temperatuurverloop kan leiden en dit weer tot een andere opkomstdatum tot gevolg heeft, is eerst onderzocht of er verschillen in opkomstdata zijn berekend. Deze data zijn weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Opkomstdata van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	20-Apr-2019	21-Apr-2019	23-Apr-2019	26-Apr-2019	27-Apr-2019
Casus 2	21-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	26-Apr-2019	27-Apr-2019
Casus 3	21-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	25-Apr-2019	26-Apr-2019
Casus 4a	22-Apr-2019	23-Apr-2019	25-Apr-2019	27-Apr-2019	28-Apr-2019
Casus 4b	23-Apr-2019	24-Apr-2019	25-Apr-2019	27-Apr-2019	28-Apr-2019
Casus 5	22-Apr-2019	23-Apr-2019	25-Apr-2019	27-Apr-2019	28-Apr-2019
Casus 6a	24-Apr-2019	25-Apr-2019	27-Apr-2019	28-Apr-2019	29-Apr-2019
Casus 6b	25-Apr-2019	26-Apr-2019	27-Apr-2019	29-Apr-2019	29-Apr-2019

De opkomstdatum varieert tussen 20 april en 29 april, waarbij casus 1 de vroegste opkomstdata laat zien. De verschillen binnen een casus variëren tussen 4 dagen (casus 6b) 7 dagen (casus 1).

De verschillende bodemtemperaturen en -vochtgehalten leiden tot verschillende groeisnelheden. De data waarop de gewassen volwassenheid hebben bereikt en dus oogstklaar zijn, verschillen dan ook. Zie hiervoor Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Berekende oogstdata van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.

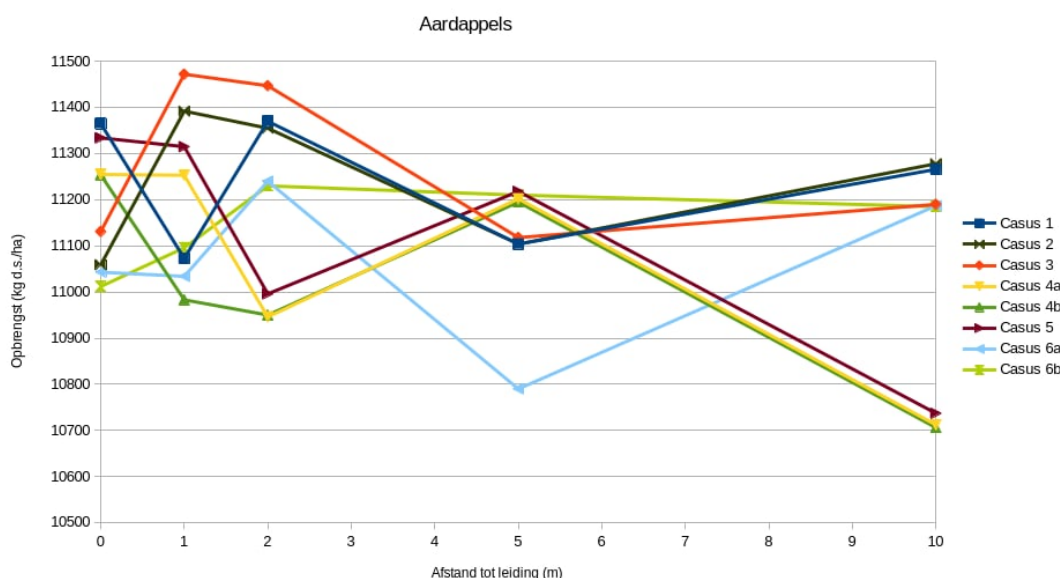
Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	14-Sep-2019	16-Sep-2019	13-Sep-2019	22-Sep-2019	22-Sep-2019
Casus 2	16-Sep-2019	12-Sep-2019	14-Sep-2019	22-Sep-2019	22-Sep-2019
Casus 3	16-Sep-2019	13-Sep-2019	14-Sep-2019	22-Sep-2019	23-Sep-2019
Casus 4a	12-Sep-2019	13-Sep-2019	21-Sep-2019	21-Sep-2019	27-Sep-2019
Casus 4b	13-Sep-2019	18-Sep-2019	21-Sep-2019	22-Sep-2019	27-Sep-2019
Casus 5	12-Sep-2019	13-Sep-2019	21-Sep-2019	21-Sep-2019	27-Sep-2019
Casus 6a	18-Sep-2019	20-Sep-2019	18-Sep-2019	26-Sep-2019	22-Sep-2019
Casus 6b	20-Sep-2019	21-Sep-2019	20-Sep-2019	22-Sep-2019	22-Sep-2019

Hieruit blijkt dat de oogstdatum varieert tussen 12 september en 27 september. De casussen 4a en 5 geven de grootste verschillen, nl. 15 dagen.

De berekende hoeveelheid droge stof die als aardappel geoogst is wordt gegeven in Tabel 4.3 en Figuur 4.1. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de oogst zou kunnen plaatsvinden op de in Tabel 4.2 genoemde data omdat het gewicht van de knol niet meer toeneemt na deze data.

Tabel 4.3: De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van aardappels voor de 8 casussen en 5 doorgerkende afstanden.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	11365	11073	11370	11104	11266
Casus 2	11059	11392	11355	11104	11278
Casus 3	11131	11472	11447	11118	11190
Casus 4a	11255	11253	10946	11202	10712
Casus 4b	11254	10983	10950	11195	10706
Casus 5	11334	11315	10996	11218	10737
Casus 6a	11043	11034	11240	10790	11187
Casus 6b	11012	11096	11230	11210	11185



Figuur 4.1: Berekende aardappelopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.

Hieruit blijkt dat er grote verschillen zijn in de wijze waarop het gewas reageert op de veranderde temperaturen en vochtgehaltenes. In geval van casus 2 en 3 heeft de verwarming boven de leiding een sterk negatieve invloed. Bij casus 4a, 4b en 5 wordt de hoogste opbrengst boven de leiding verkregen. In geval van casus 1, 6a en 6b ligt de hoogste opbrengst op 2 m van de leiding. De oogsten variëren van 10712 kg d.s./ha (casus 4b, 10 m) tot 11472 kg d.s./ha (casus 3, 1 m).

Als wordt aangenomen dat de invloed van de leiding op 10 m afstand verwaarloosbaar klein is, dan mag de opbrengst op 10 m als “normaal” worden beschouwd en kan de invloed van de leiding op de gewasopbrengst worden gezien als het verschil tussen opbrengst op 10 m en op de beschouwde afstand. Deze resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.4.

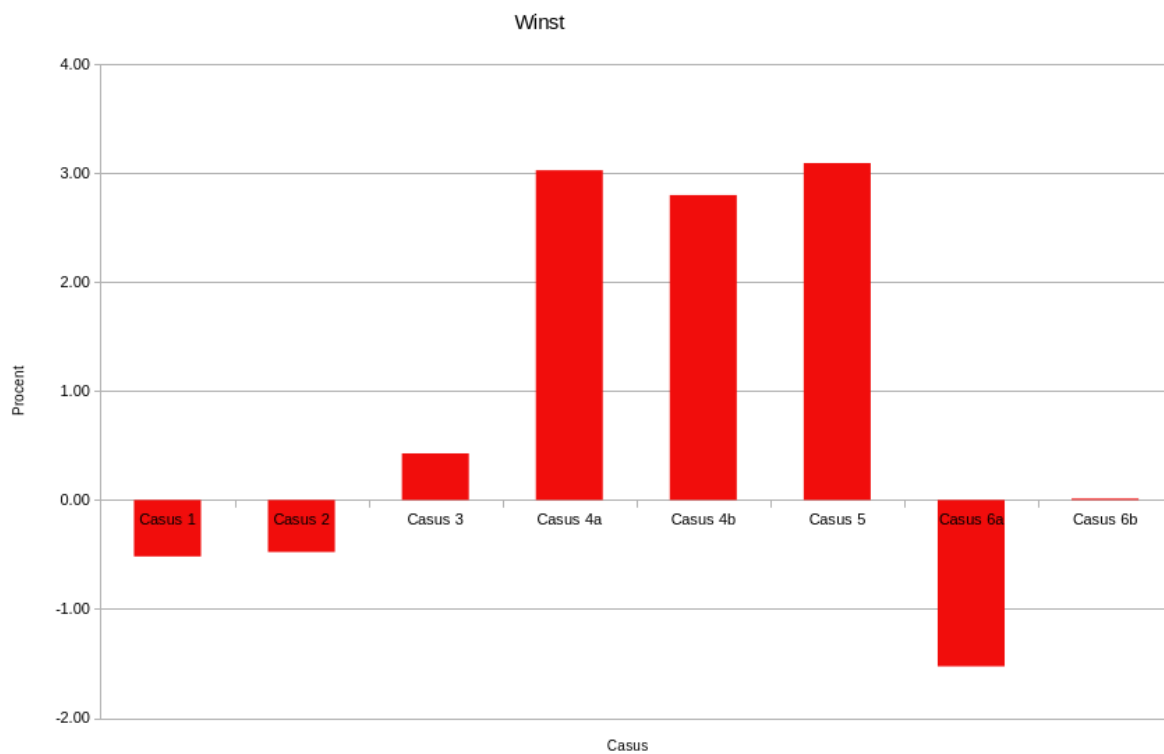
Hieruit komt duidelijk naar voren dat de grootste opbrengsttoename wordt verkregen boven de leiding in casus 5 (597 kg d.s./ha) en het grootste verlies op 2 m van de leiding in casus 6a (397 kg d.s./ha).

Om de totale invloed van de waterstofleidingen te kwantificeren kan worden gekeken naar een

Tabel 4.4: Verschil in drogestof opbrengst van aardappels (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.

Casus	Afstand tot leiding			
	0 m	1 m	2 m	5 m
Casus 1	99	-193	104	-162
Casus 2	-219	114	77	-174
Casus 3	-59	282	257	-72
Casus 4a	543	541	234	490
Casus 4b	548	277	244	489
Casus 5	597	578	259	481
Casus 6a	-144	-153	53	-397
Casus 6b	-173	-89	45	25

strook van 10 m links en rechts van de leidingen. Als wordt aangenomen dat de relatie tussen afstand en opbrengst lineair is tussen de berekende punten, dan kan het verschil in opbrengst worden weergegeven als percentage van de opbrengst op 10 m van de leiding. Dit is weergegeven in Figuur 4.2.



Figuur 4.2: Percentages winst aan aardappelopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.

Hieruit blijkt dat de verwarming een positieve invloed heeft op de geoogste hoeveelheid drogestof voor de casussen 3 (0,4%), 4a (3,0%), 4b (2,8%) en 5 (3,1%). Negatieve invloed treedt op bij casussen 1 (0,5%), 2 (0,5%) en 6a (1,5%). Casus 6b geeft een verwaarloosbaar kleine (positieve) invloed (<1%).

Hoofdstuk 5

Suikerbieten

Na het zaaien hebben bodemtemperatuur en -vocht invloed op de tijd die nodig is tot de opkomst van het gewas. De berekende opkomstdata zijn gegeven in Tabel 5.1.

Tabel 5.1: Opkomstdata van suikerbieten voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	24-Apr-2019	25-Apr-2019	27-Apr-2019	30-Apr-2019	02-May-2019
Casus 2	25-Apr-2019	26-Apr-2019	27-Apr-2019	01-May-2019	02-May-2019
Casus 3	26-Apr-2019	27-Apr-2019	28-Apr-2019	01-May-2019	02-May-2019
Casus 4a	22-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019
Casus 4b	22-Apr-2019	23-Apr-2019	24-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019
Casus 5	22-Apr-2019	23-Apr-2019	23-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019
Casus 6a	23-Apr-2019	24-Apr-2019	24-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019
Casus 6b	23-Apr-2019	24-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019	25-Apr-2019

Hieruit blijkt dat de opkomstdata variëren tussen 22 april en 2 mei april, een verschil van 10 dagen. Tussen de doorgerekende afstanden zit per casus maximaal 8 dagen verschil. Voor alle casussen geldt dat de opkomstdatum later wordt als de afstand tot de leiding toeneemt. De verschillende bodemtemperaturen leiden tot verschillende groeisnelheden. De data waarop de gewassen volwassenheid hebben bereikt en dus oogstklaar zijn, verschillen dan ook. Zie hiervoor Tabel 5.2.

Tabel 5.2: Berekende oogstdata van suikerbieten voor de 8 casussen en 5 doorgerekende afstanden.

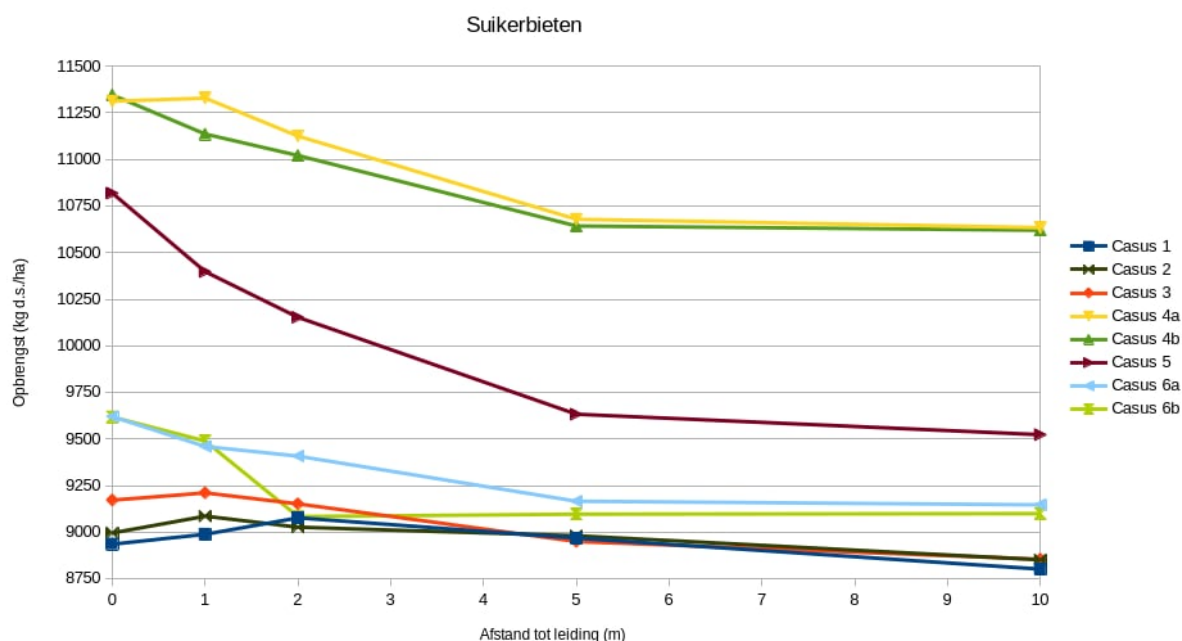
Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	13-Oct-2019	15-Oct-2019	14-Oct-2019	16-Oct-2019	19-Oct-2019
Casus 2	15-Oct-2019	15-Oct-2019	14-Oct-2019	17-Oct-2019	19-Oct-2019
Casus 3	15-Oct-2019	15-Oct-2019	15-Oct-2019	17-Oct-2019	20-Oct-2019
Casus 4a	11-Oct-2019	09-Oct-2019	10-Oct-2019	14-Oct-2019	15-Oct-2019
Casus 4b	09-Oct-2019	10-Oct-2019	11-Oct-2019	14-Oct-2019	15-Oct-2019
Casus 5	11-Oct-2019	10-Oct-2019	10-Oct-2019	14-Oct-2019	15-Oct-2019
Casus 6a	10-Oct-2019	11-Oct-2019	11-Oct-2019	14-Oct-2019	15-Oct-2019
Casus 6b	09-Oct-2019	11-Oct-2019	14-Oct-2019	14-Oct-2019	15-Oct-2019

De oogstdata variëren tussen 9 oktober en 17 oktober. Binnen de cases zit tussen de afstanden maximaal 6 dagen verschil in oogstdata.

Ervan uitgaande dat de bieten op de bovengenoemde data worden geoogst, is de berekende hoeveelheid droge stof die als suikerbiet geoogst wordt gegeven in Tabel 5.3 en Figuur 5.1.

Tabel 5.3: De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van suikerbieten voor de 5 doorgerkende afstanden en 8 casussen.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	8936	8989	9077	8968	8802
Casus 2	8996	9086	9027	8981	8852
Casus 3	9172	9211	9152	8950	8855
Casus 4a	11312	11329	11125	10679	10634
Casus 4b	11346	11136	11021	10643	10620
Casus 5	10819	10398	10153	9633	9523
Casus 6a	9620	9460	9408	9166	9147
Casus 6b	9618	9489	9084	9097	9100



Figuur 5.1: Berekende suikerbietenopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.

Hieruit blijkt dat de maximale opbrengst in geval van casus 2, 3, en 4a optreden op 1 m van de leiding. Bij casus 1 is de hoogste opbrengst op 2 m van de leiding. Voor de overige casussen is de opbrengst maximaal boven de leiding. Deze verschillen worden veroorzaakt door de andere bodemvocht- en bodemtemperatuurprofielen.

Als wordt aangenomen dat de invloed van de leiding op 10 m afstand verwaarloosbaar klein is, dan mag de opbrengst op 10 m als “normaal” worden beschouwd en kan de invloed van de leiding op de gewasopbrengst worden gezien als het verschil tussen opbrengst op 10 m en op de beschouwde afstand. Dit is gegeven in Tabel 5.4.

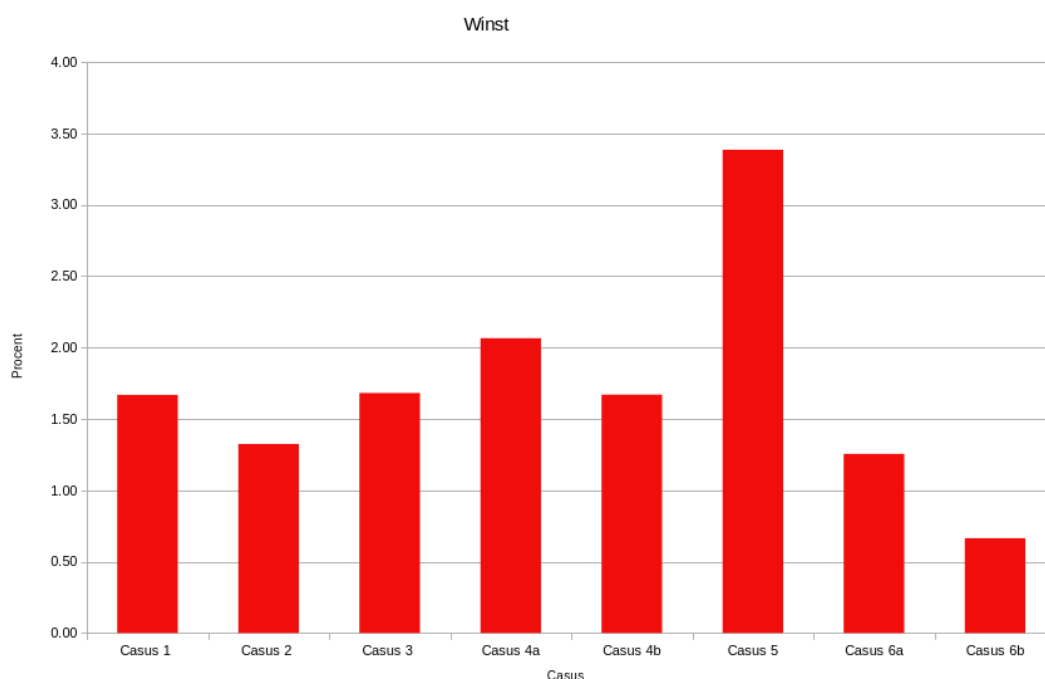
In bijna alle casussen zijn de waardes in Tabel 5.4 positief, hetgeen impliceert dat de leiding in alle gevallen een positieve invloed heeft op de opbrengst van suikerbieten. Alleen casus 6b

Tabel 5.4: Verschil in drogestof opbrengst van suikerbieten (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 8 casussen en 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.

Casus	Afstand tot leiding			
	0 m	1 m	2 m	5 m
Casus 1	134	187	275	166
Casus 2	144	234	175	129
Casus 3	317	356	297	95
Casus 4a	678	695	491	45
Casus 4b	726	516	401	23
Casus 5	1296	875	630	110
Casus 6a	473	313	261	19
Casus 6b	518	389	-16	-3

vertoont negatieve waarden op 2 m en op 5 m van de leiding. De grootste opbrengstwinst treedt op in casus 5: 1296 kg d.s./ha boven de leiding. Het maximale verlies is 16 kg d.s./ha in casus 6b op 2 m van de leiding.

Om de totale invloed van de verwarmingsleiding te kwantificeren kan worden gekeken naar een strook van 10 m links en rechts van de leiding. Als wordt aangenomen dat de relatie tussen afstand en opbrengst lineair is tussen de berekende punten, dan kan het verschil in opbrengst worden weergegeven als percentage van de opbrengst op 10 m van de leiding. Zie Figuur 5.2.



Figuur 5.2: Percentages winst aan suikerbietenopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.

Deze figuur toont aan dat de leiding een positief effect heeft op de gewasopbrengst van alle doorgerekende casussen. De winst t.o.v. niet-verwarmd varieert van 0,7% (casus 6b) tot 3,4% (casus 5).

Hoofdstuk 6

Graan

Na het zaaien hebben bodemtemperatuur en -vocht invloed op de tijd die nodig is tot de opkomst van het gewas. De berekende opkomstdata van het graan zijn gegeven in Tabel 6.1.

Tabel 6.1: Opkomstdata van graan voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	21-Apr-2019	21-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	23-Apr-2019
Casus 2	21-Apr-2019	21-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	23-Apr-2019
Casus 3	22-Apr-2019	22-Apr-2019	23-Apr-2019	24-Apr-2019	24-Apr-2019
Casus 4a	18-Apr-2019	18-Apr-2019	19-Apr-2019	20-Apr-2019	20-Apr-2019
Casus 4b	18-Apr-2019	18-Apr-2019	19-Apr-2019	20-Apr-2019	20-Apr-2019
Casus 5	18-Apr-2019	19-Apr-2019	19-Apr-2019	20-Apr-2019	21-Apr-2019
Casus 6a	19-Apr-2019	19-Apr-2019	20-Apr-2019	21-Apr-2019	21-Apr-2019
Casus 6b	19-Apr-2019	20-Apr-2019	20-Apr-2019	21-Apr-2019	21-Apr-2019

Hieruit blijkt dat de opkomstdata variëren tussen 18 april en 24 april, dus 6 dagen verschil. Het gewas komt het eerste op boven de leiding in casus 4a, 4b en 5 (17 april) en op 1 m bij casus 4a en 4b. De laatste opkomstdata zijn op 5m en 10 m van de leiding voor casus 3. De verschillende bodemtemperaturen en drukhoogtes leiden tot andere groeisnelheden. De data waarop de gewassen volwassenheid hebben bereikt en dus oogstklaar zijn, verschillen dan ook. Zie hiervoor Tabel 6.2.

Tabel 6.2: Berekende oogstdata van graan voor de 5 doorgerekende afstanden en 8 casussen.

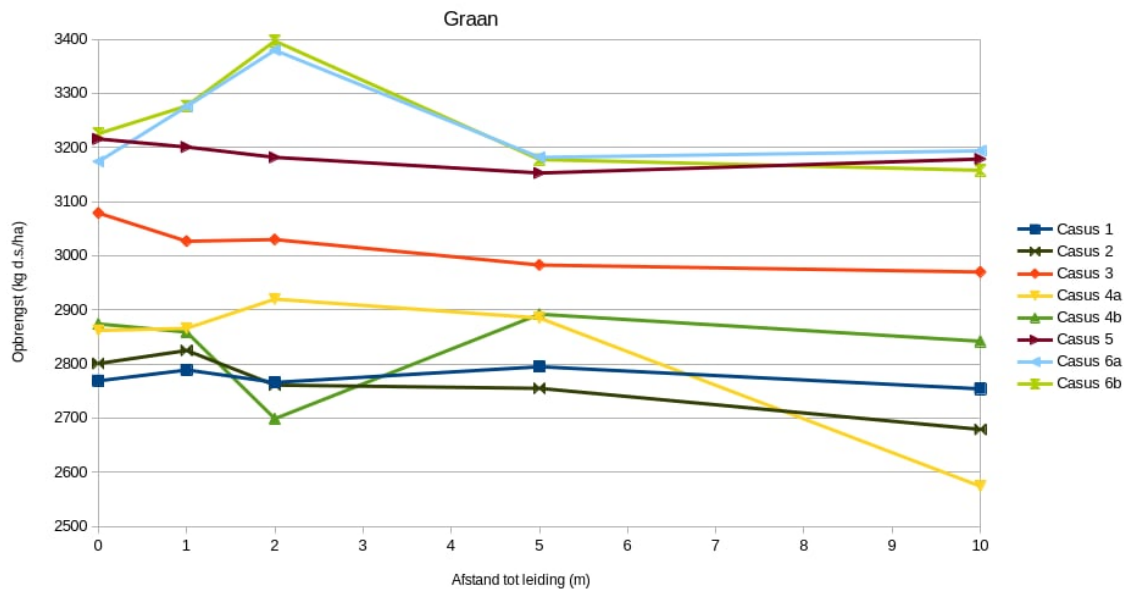
Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	30-Aug-2019	30-Aug-2019	31-Aug-2019	31-Aug-2019	31-Aug-2019
Casus 2	30-Aug-2019	30-Aug-2019	31-Aug-2019	31-Aug-2019	01-Sep-2019
Casus 3	29-Aug-2019	29-Aug-2019	29-Aug-2019	30-Aug-2019	30-Aug-2019
Casus 4a	29-Aug-2019	29-Aug-2019	29-Aug-2019	30-Aug-2019	30-Aug-2019
Casus 4b	29-Aug-2019	29-Aug-2019	30-Aug-2019	30-Aug-2019	30-Aug-2019
Casus 5	27-Aug-2019	27-Aug-2019	27-Aug-2019	28-Aug-2019	28-Aug-2019
Casus 6a	28-Aug-2019	28-Aug-2019	28-Aug-2019	29-Aug-2019	29-Aug-2019
Casus 6b	28-Aug-2019	28-Aug-2019	28-Aug-2019	29-Aug-2019	29-Aug-2019

De oogstdata op de verschillende afstanden variëren maximaal 2 dagen (casus 2). Bij de overige casussen zit er zelfs maar 1 dag tussen de oogstdatum boven de leiding en op 10 m afstand. De berekende hoeveelheid droge stof die op de genoemde data als graan geoogst kan

worden is gegeven in Tabel 6.3 en Figuur 6.1.

Tabel 6.3: De berekende drogestofproductie (in kg d.s./ha) van graan voor de 5 doorgekende afstanden en 8 casussen.

Casus	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	2769	2789	2766	2795	2754
Casus 2	2801	2825	2761	2755	2679
Casus 3	3079	3027	3030	2983	2970
Casus 4a	2862	2866	2920	2885	2574
Casus 4b	2874	2859	2699	2892	2842
Casus 5	3216	3201	3182	3153	3179
Casus 6a	3174	3276	3380	3182	3194
Casus 6b	3226	3277	3397	3178	3158



Figuur 6.1: Berekende graanopbrengst (kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding.

Hieruit blijkt dat het gewas per casus anders reageert op de verwarming door de waterstofleiding. Bij casus 1 ligt de hoogste opbrengst op 5 m van de leiding. Casus 2 heeft de hoogste opbrengst op 1 m van de leiding, terwijl de hoogste opbrengst in casus 3 boven de leiding wordt verkregen. Opvallend is dat bij casus 4a de opbrengst op 10 m aanzienlijk lager is dan voor de andere afstanden, hetgeen een positieve invloed van de leiding impliceert. Bij casus 4b zit er een opvallende dip in de opbrengst op 2 m. De lijn bij casus 5 loopt vrijwel horizontaal, dus hier is de invloed van de leiding op de gewasopbrengst klein. Bij de casussen 6a en 6b is er een duidelijke meeropbrengst te zien op 2 m van de leiding.

Als wordt aangenomen dat de invloed van de leiding op 10 m afstand verwaarloosbaar klein is, dan mag de opbrengst op 10 m als “normaal” worden beschouwd en kan de invloed van de leiding op de gewasopbrengst worden gezien als het verschil tussen opbrengst op 10 m en op de beschouwde afstand. Dit is gegeven in Tabel 6.4.

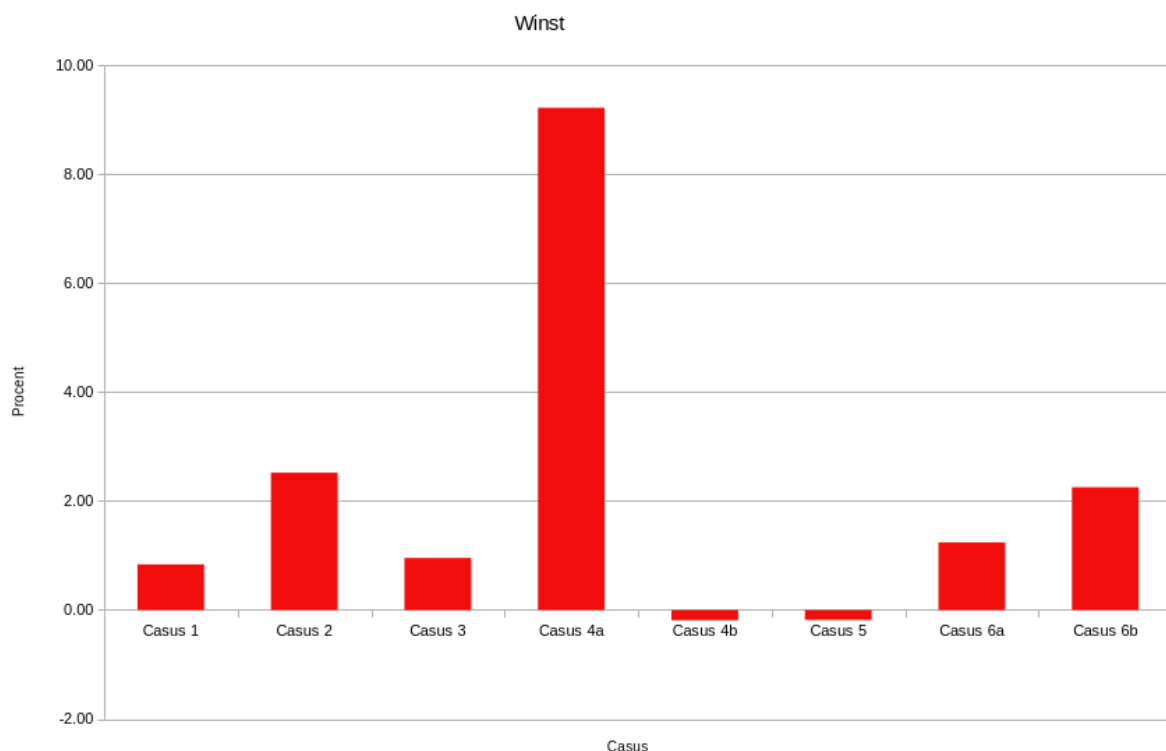
Hieruit komt duidelijk naar voren dat de warmteleiding de opbrengst het meest beïnvloedt in casus 4a. De minste invloed treedt op in casussen 4b en 5. Negatieve invloeden komen voor in

Tabel 6.4: Verschil in drogestof opbrengst van graan (in kg d.s./ha) t.o.v. de normale situatie voor 8 casussen en 4 afstanden tot de leiding. Hierbij wordt de opbrengst op 10 m van de leiding als “normaal” beschouwd.

0 m	Afstand tot leiding			5 m
	1 m	2 m	5 m	
Casus 1	15	35	12	41
Casus 2	122	146	82	76
Casus 3	109	57	60	13
Casus 4a	288	292	346	311
Casus 4b	32	17	-143	50
Casus 5	37	22	3	-26
Casus 6a	-20	82	186	-12
Casus 6b	68	119	239	20

casus 4b op 2 m, casus 5 op 5 m en casus 6a op 0 m en 5 m.

Om de totale invloed van de verwarmingsleiding te kwantificeren kan worden gekeken naar een strook van 10 m links en rechts van de leiding. Als wordt aangenomen dat de relatie tussen afstand en opbrengst lineair is tussen de berekende punten, dan kan het verschil in opbrengst worden weergegeven als percentage van de opbrengst op 10 m van de leiding. Zie Figuur 6.2.



Figuur 6.2: Percentages winst aan graanopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen.

Uit deze figuur blijkt dat alleen de casussen 4b en 5 een (zeer kleine) negatieve invloed ondervinden van de verwarming door de leiding, nl. 0,2%. Bij de overige casussen varieert de meeropbrengst tussen de 0,8% (casus 1) en 9,2% (casus 4a).

Hoofdstuk 7

Beperkingen, opmerkingen en conclusies

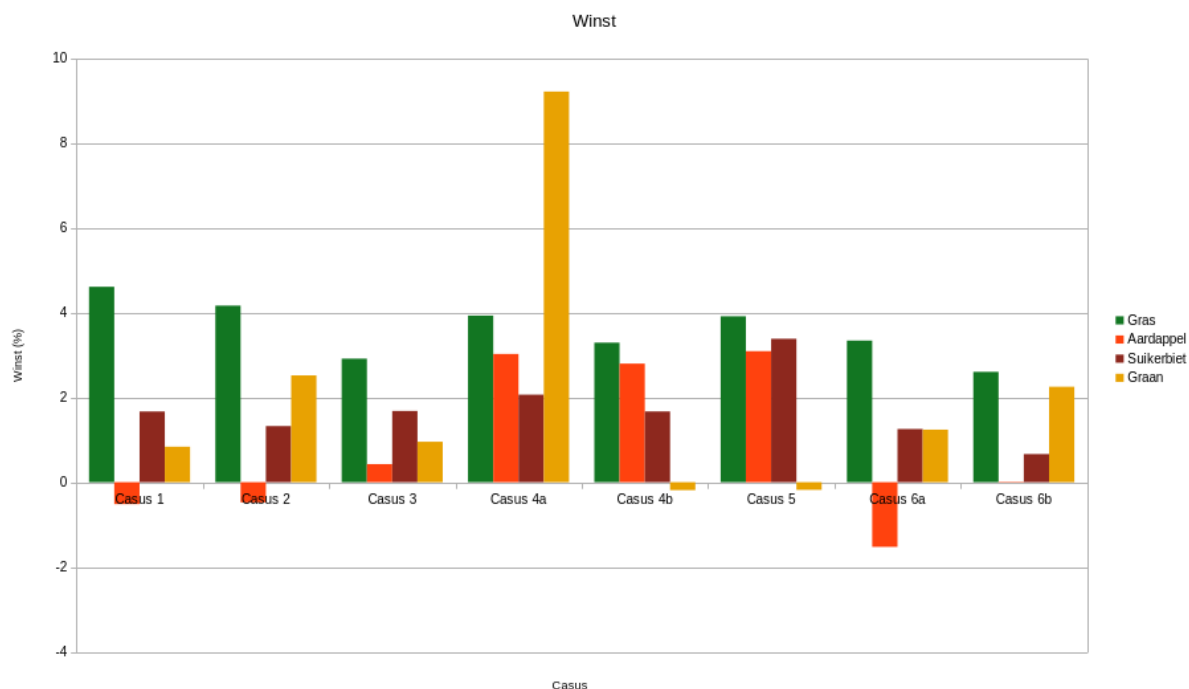
- Volgens afspraak is er slechts gerekend voor 1 jaar, nl. het relatief droge jaar 2019.
- De hier getoonde resultaten gelden alleen voor de beschouwde profielen en randvoorwaarden.
- De resultaten kunnen per ras verschillen.
- De invloeden van bodemtemperatuur en drukhoogte op de opbrengst van het gewas zijn niet-lineair en mogen niet los van elkaar worden beschouwd.
- Voor de hier beschouwde cases en voor het jaar 2019 blijkt de leidingverwarming een positief effect te hebben op de opbrengst van gras: de meeropbrengst varieert van 2,6% (casus 6b) tot 4,6% (casus 1).
- Bij aardappels heeft de verwarming een positieve invloed op de geogoste hoeveelheid drogestof voor de casussen 3 (0,4%), 4a (3,0%), 4b (2,8%) en 5 (3,1%). Negatieve invloed treedt op bij casussen 1 (0,5%), 2 (0,5%) en 6a (1,5%). Casus 6b geeft een verwaarloosbaar kleine (positieve) invloed (<1%).
- Bij suikerbieten heeft de leiding een positief effect op de gewasopbrengst van alle doorgerekende casussen. De winst t.o.v. niet-verwarmd varieert van 0,7% (casus 6b) tot 3,4% (casus 5).
- Bij graan ondervinden alleen de casussen 4b en 5 een (zeer kleine) negatieve invloed van de verwarming door de leiding, nl. 0,2%. Bij de overige casussen varieert de meeropbrengst tussen de 0,8% (casus 1) en 9,2% (casus 4a).
- Uit een nadere analyse blijkt dat de opbrengst van het gewas (modelmatig) sterk wordt beïnvloed door de opkomstdatum.
- Het is algemeen bekend dat aardappels goed geteeld kunnen worden op zandgrond.
- Tijdens het bestuderen van literatuur over het onderwerp bodemwarmte kwam duidelijk naar voren dat de kwaliteit van graan sterk wordt beïnvloed door bodemtemperaturen. Hier is bij het huidige onderzoek geen rekening mee gehouden.
- Bij suikerbieten is het suikergehalte van de biet van groot belang. Dit wordt zowel door de temperatuur als door het vochtgehalte van de bodem bepaald. Ook dit is niet meegenomen in de huidige studie.
- Er zou een aparte studie moeten worden gedaan naar de invloed van bodemverwarming door leidingen op het bodemleven en de invloed daarvan op de gewasgroei.

- Om meer algemene uitspraken te kunnen doen over de invloed van bodemverwarming op de gewasgroei moet een langere periode (bij voorkeur meer dan 15 jaar) worden doorgerekend.



Samenvatting

- De waterstofleiding heeft een positief effect op de opbrengst van gras voor alle doorgerekende casussen: de meeropbrengst varieert van 2,6% (casus 6b) tot 4,6% (casus 1).
- De verwarming heeft een positieve invloed op de geoogste hoeveelheid drogestof bij aardappels voor de casussen 3 (0,4%), 4a (3,0%), 4b (2,8%) en 5 (3,1%). Negatieve invloed treedt op bij casussen 1 (0,5%), 2 (0,5%) en 6a (1,5%). Casus 6b geeft een verwaarloosbaar kleine (positieve) invloed (<1%)
- Bij suikerbieten heeft de leiding een positief effect op de gewasopbrengst van alle doorgerekende casussen. De winst t.o.v. niet-verwarmd varieert van 0,7% (casus 6b) tot 3,4% (casus 5).
- Bij graan ondervinden alleen de casussen 4b en 5 een (zeer kleine) negatieve invloed van de verwarming door de leiding, nl. 0,2%. Bij de overige casussen varieert de meeropbrengst tussen de 0,8% (casus 1) en 9,2% (casus 4a).



Figuur 7.1: Percentages winst aan gewasopbrengst over een strook van 10 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 8 doorgerekende casussen en 4 gewassen.

Bibliografie

- J.G. Kroes, J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit, and P.E.V. van Walsum. Swap version 4; theory description and user manual. Technical report, Wageningen Environmental Research, Report 2780, 2017.
- J. Van Esch. Warmteafdracht waterstofleiding eemshaven-tjuchem-delfzijl. modelberekeningen bodentemperatuur, vochtgehalte en gewasopbrengst. Technical report, Deltares, Rapport 11210079-001-GEO-0001-v1.0-warmteafdracht waterstofleiding, 2023.

Bijlage 7

Rapportage verziltingsonderzoek Eemshaven-Delfzijl



Verziltingsonderzoek Eemshaven-Delfzijl

Verkennend onderzoek naar kansen op en mate van
verziltingseffecten door aanleg van het
Waterstofnetwerk Groningen

Verziltingsonderzoek Eemshaven-Delfzijl

Verkennd onderzoek naar kansen op en mate van
verziltningseffecten door aanleg van het
Waterstofnetwerk Groningen

Colofon

Klant

Hynetwork Services BV

Status

Definitief rapport

Datum

4 maart 2024

Referentie nummer

AW_293_AG_231422

Auteur(s)

Gevaert A., Sandfort N.

Gecontroleerd door

Siebinga, M.

Vrijgegeven door

Jouke Velstra

Disclaimer

Aan dit rapport kunnen geen rechten worden ontleend. De auteurs zijn niet verantwoordelijk voor eventuele fouten of consequenties. Aanvullingen of verbeteringen zijn welkom via info@acaciawater.com

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Gebiedsbeschrijving	2
2.1	Routes	2
2.2	Bodemopbouw	2
2.3	Kwelsituatie	3
2.4	Zoet-zout	5
3	Aanpak	7
3.1	Standaardsituaties	7
3.2	Model	11
3.3	Indicatoren van verzilting	13
4	Berekende verziltingseffecten	15
4.1	Standaardsituaties	15
4.2	Waterstofroutes	17
5	Conclusies en aanbevelingen	21
5.1	Aanbevelingen	22

1 Inleiding

Hynetwork Services BV verkent mogelijke routes voor waterstofleidingen in Groningen en daarvoor wordt een Integrale Effectanalyse (IEA) opgesteld als onderdeel van de MER procedure. De mogelijke routes doorkruisen hoogwaardige landbouwgronden (veelal akkerbouw) in Groningen. Aanleg van waterstofleidingen kan invloed hebben op de lokale omgeving, waaronder op verzilting van de bodem. Voor de IEA is onder andere inzicht nodig op de mogelijke effecten van verzilting in relatie tot landbouw langs elk van deze routes.

Door de ontstaansgeschiedenis en ligging van dit gebied, betreft het een regio waar sprake kan zijn van verzilting. Dit kan zijn in de huidige situatie (i.e. het huidige klimaat, grondwaterstanden, en maaiveld hoogtes), of in toenemende mate op termijn als gevolg van klimaatverandering (stijging van zeespiegel en veranderingen in neerslag en verdamping) en bodemdaling (veroorzaakt door grondstoffenwinning en klimaat) (zie o.a. www.spaarwater.com). Met de aanleg van de route worden er mogelijk bodems doorkruist die bestaan uit zoetwaterlenzen. Een zoetwaterlens is een dunne zoetwatervoorraad die bovenop het zoute grondwater ligt, vaak met een dikte van enkele meters tot minder dan 1 meter. Landbouw in Noord Groningen is mogelijk vanwege deze zoetwaterlenzen, en dit is van groot belang voor de agrariërs omdat het zorgt voor zekerheid van zoetwater in de wortelzone. Voor aanleg van een route is bemaling nodig. Door deze bemaling kan de dikte van een eventueel aanwezige zoetwaterlens afnemen of kan de lens zelfs verdwijnen. Ook kan dieper gelegen zout grondwater naar de oppervlakte worden getrokken. Bemaling kan dus op deze manier voor verzilting, of voor een afname van de zoetwatervoorraad zorgen.

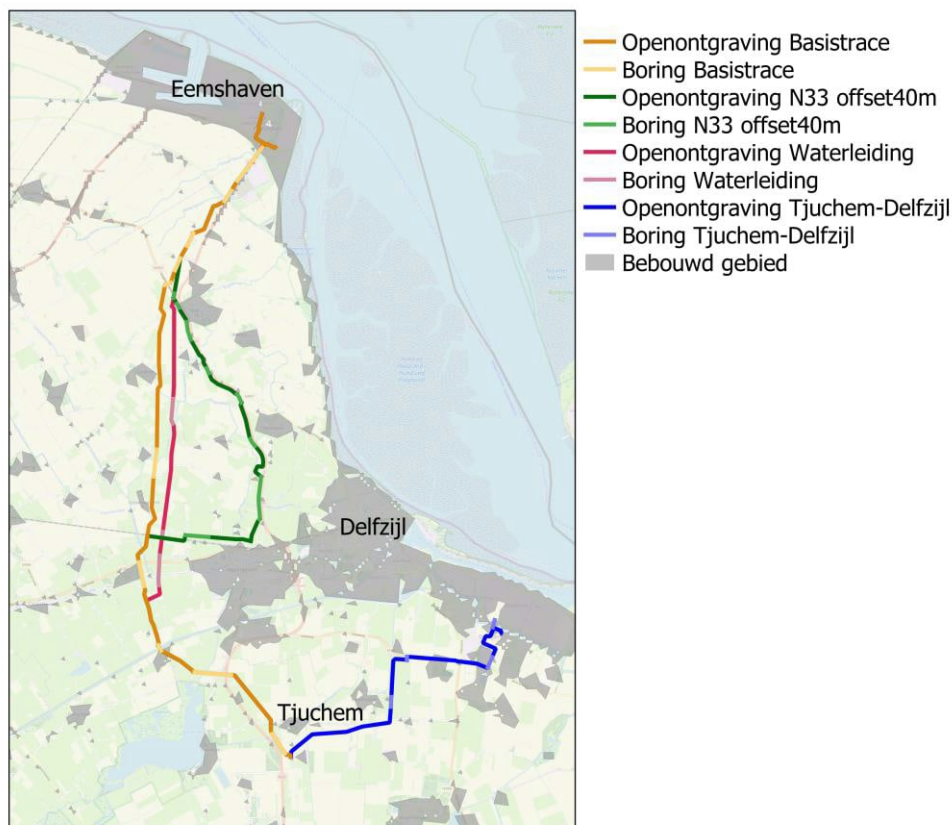
Dit onderschrijft het belang van het verziltingsaspect voor de IEA. Deze studie brengt de mogelijke effecten van grondwateronttrekking tijdens de aanleg van de gastransportleiding(en) op verzilting van landbouwgronden in beeld. Het doel van deze studie is om de impact van bemaling, tijdens en direct na de installatie van de leidingroute, op verzilting van de omliggende landbouwgronden te onderzoeken. En om daarmee het verziltingseffect van alle beschouwde alternatieve routes te achterhalen en te kunnen vergelijken. Om dit onderzoek uit te kunnen voeren zijn gebied specifieke gegevens over de bodem en kwelsituatie verzameld uit openbare databases. De mogelijke effecten langs de beoogde kabelroute zijn vervolgens vastgesteld aan de hand van meerdere modelberekeningen.

In deze studie zijn de effecten alleen direct na aanleg beoordeeld. De resultaten geven hiermee inzicht in of er een kans is op verzilting en welke effecten te verwachten zijn in het geval er kans is op verzilting. De duur van herstel van de zoetwaterlenzen bij eventuele vastgestelde verziltingseffecten valt buiten de scope van dit onderzoek. Dit rapport zal de gebruikte methode en de resultaten van de effectberekeningen toelichten.

2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Routes

Door Hynetwork Services BV zijn verschillende routes aangeleverd tussen Eemshaven en Tjuchem, alsook een route tussen Tjuchem en Delfzijl (Figuur 1). Bij aanleg van de waterstofleidingen worden zowel open ontgravingen als gestuurde boringen gebruikt.



Figuur 1. Onderzochte routes voor waterstofleidingen in de regio Eemshaven-Tjuchem-Delfzijl. Bron: shapefiles aangeleverd door Hynetwork Services BV.

2.2 Bodemopbouw

Een belangrijke factor die meespeelt bij de kwantificatie van het risico op verzilting is de bodemopbouw. Dit komt doordat doorlatendheden en porositeit, die per bodem verschillend zijn, bepalend zijn voor de vorm van de zoetwaterlens. Daarnaast bepaald het invloed gebied van de bemaling tot welke afstand van het tracé eventuele verziltingseffecten plaats kunnen vinden. De mogelijke routes doorkruisen verschillende polders in het beheersgebied van waterschap Noorderzijlvest. De bodems in het studiegebied zijn overwegend kalkrijke en kalkarme poldervaaggronden^{1,2}.

¹ Kuijjer, P.C., Steur, G.G.L., Heijink, W., Bakker, H. de, Boersma, O.H., Hamming, C. (1987) Bodemkaart van Nederland schaal 1:50,000, STIBOKA.

² WENR (2022). Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000 (versie 2022).

Het landgebruik is overwegend akkerbouw met als belangrijkste gewas pootaardappelen, naast suikerbieten en graan.

GeoTop v1.5 gegevens zijn gebruikt voor het afleiden van de bodemopbouw tot 5 meter voor verschillende puntlocaties in het beheersgebied. GeoTop is een model die de opbouw van de ondergrond uit verschillende lagen beschrijft tot maximaal 50 m NAP. In dit gebied is de GeoTOP data in 2016 opgeleverd. De diepte tot 5 meter is het belangrijkste voor de zoetwaterlenzen aangezien het zoet-zoutgrensvlak van zoetwaterlenzen over het algemeen binnen enkele meters van maaiveld ligt³ (zie Figuur 5). Voor dit onderzoek heeft het gebruik van GeoTOP data de voorkeur boven de dataset van Kuijer et al. 1987 omdat de diepte van de bodem in de laatste beperkt is tot 1,2 m-mv.

2.3 Kwelsituatie

Naast de bodemopbouw is ook kwel een belangrijke parameter voor het bepalen van het zoet-zout grensvlak, en daarmee ook het verziltingsrisico. Kwel is grondwater dat dankzij een drukverschil, opwaarts door de bodem beweegt. Het is daarmee het tegenovergestelde van infiltratie. Kwel ontstaat wanneer de stijghoogte, of het drukk niveau, in een diepere ondergrondse laag groter is dan in een ondiepere laag. Wanneer het diepere grondwater een hogere chloride concentratie heeft, kan deze dus doormiddel van kwel dichter naar de oppervlakte worden gebracht. Hoe groter de kwelflux, of de waterflux van kwel en dus de mate van kwel, hoe meer druk op zoetwaterlenzen, en dus hoe dunner de zoetwaterlens.

Er zijn verschillende bronnen waaruit een kwelflux te herleiden is. Acacia Water heeft de bronnen voor kwel teruggebracht naar drie verschillende kaarten:

1. De kwelkaart geproduceerd door het MIPWA model;
2. De kwelkaart geproduceerd door het LHM;
3. De Acacia Water kwelkaart⁴, een in 2018 intern ontwikkelde kaart op basis van deklaagweerstand, maaiveld hoogte, en een aangenomen, veelvoorkomende draandiepte.

De eerste twee bronnen zijn afkomstig van hydrologische modellen, waarvan één op landelijke (LHM) en de andere op regionale schaal (MIPWA). De derde is een kwelkaart ontwikkeld door Acacia Water op basis van 1) de voorjaarsstijghoogte van het eerste watervoerend pakket, 2) een gemiddeld voorjaars grondwaterstand met behulp van het AHN, en 3) een deklaagweerstand gebaseerd op GeoTOP.

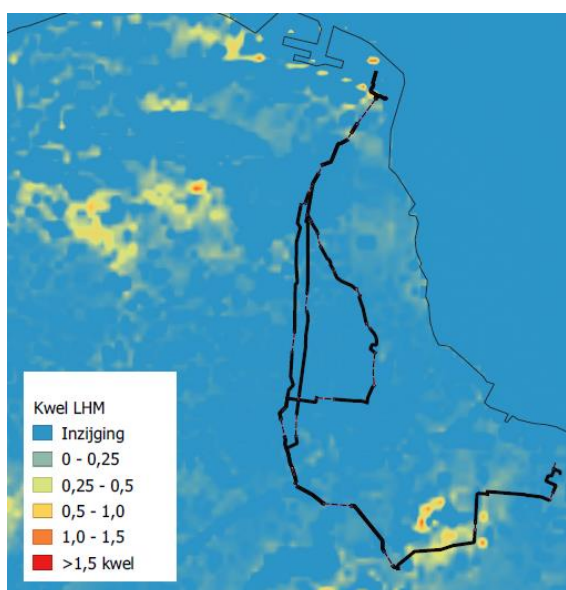
Uit een analyse van de beschikbare kwelkaarten is gebleken dat er tussen de diverse kaarten verschillen zitten. In figuren 2, 3 en 4 zijn de verschillende kwelkaarten voor het gebied van de verschillende routes te zien. Te zien is dat de LHM en MIPWA kaart op

³ Staveren, G. van, Velstra, J. (2012) *Verziltig van landbouwgronden in Noord-Nederland in het perspectief van de effecten van klimaatsverandering* Klimaat voor Ruimte rapport KvR 058/12, ISBN: 978-90-8815-050-0

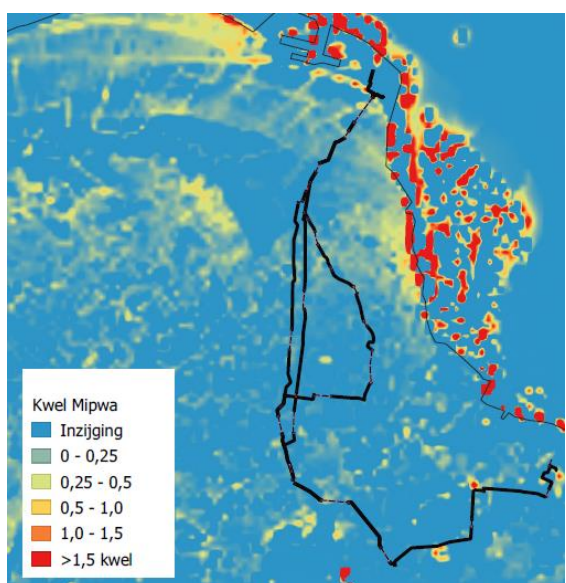
⁴ Acacia Water (2019). *Spaarwater 2 – versterken zoetwaterlens*, Technische rapportage, Gouda, the Netherlands.

regionaal niveau het aardig met elkaar eens zijn. Op het oog zijn de kwelfluxen van het MIPWA model over het algemeen wat groter in vergelijking met de LHM kaart. De Acacia Water kaart geeft over het algemeen hogere kwelfluxen weer dan de MIPWA en LHM kaarten. Er is binnen Acacia Water onderzoek verricht naar welke van deze kaarten het best met de werkelijkheid overeen zou komen en daarmee het meest betrouwbaar is, echter kon hier geen eenduidige conclusie uitgetrokken worden.

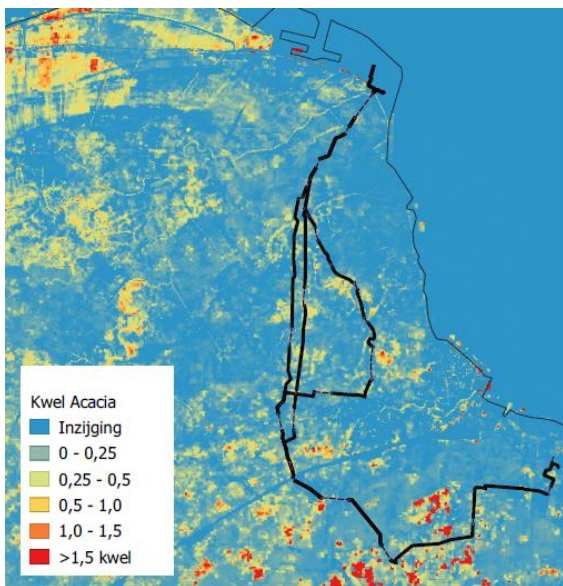
Net als de bodemopbouw wordt ook de kwelsituatie als input voor het model gebruikt. Door de variabiliteit van de kwelkaarten en het belang voor de resultaten is ervoor gekozen de onzekerheid in kwel terug te laten komen in de definitie van de uiteindelijke risico klassen. Dit komt in hoofdstuk 4 verder aan bod.



Figuur 2. Kwelkaart voor Noord Nederland afgeleid uit het Landelijk Hydrologisch Model (LHM). De zwarte lijnen geven de omtrekken van de provincies en de kust weer. De dikkere zwarte lijnen geven de open ontgravingen weer en de dunner zwarte lijnen de boringen.



Figuur 3. Kwelkaart voor Noord Nederland afgeleid van het MIPWA model.



Figuur 4. Kwel voor Noord Nederland afgeleid door Acacia Water. Bron: Acacia Water (2019)

2.4 Zoet-zout

Naast de kwelkaarten is de diepte van het zoet-zout grensvlak een belangrijke indicator voor waar verzilting verwacht kan worden. Logischerwijs, hoe dieper dit grensvlak des te kleiner de kans op verzilting. In dit onderzoek wordt het zoet-zout grensvlak gebaseerd op een chloride gehalte van ongeveer 1,5 g/l, wat overeenkomt met een EC van ongeveer 4,5 mS/cm. Bij dit EC-gehalte is het grensvlak strikt genomen een zoet-brak grensvlak. Een EC van 4,5 mS/cm komt grofweg overeen met een gemiddelde schadedrempel voor bodemvocht van veelvoorkomende akkerbouw gewassen in Nederland⁵. Schade drempels voor beregeningswater liggen doorgaans een factor 2–3 lager⁵.

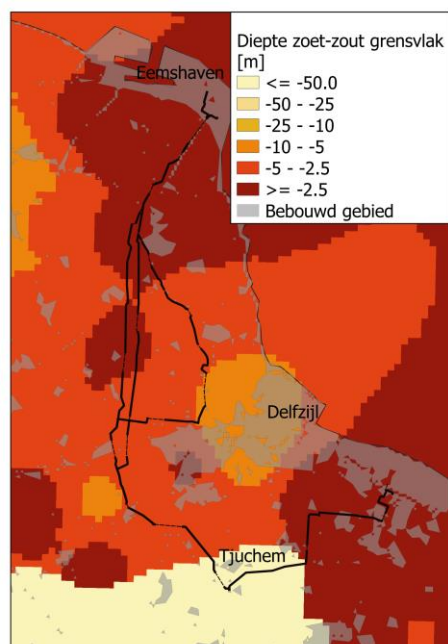
Er wordt van uitgegaan dat waar de diepte van het zoet-zout grensvlak onder de 10 m ligt, het verziltingsrisico beperkt is, uitgaande van onttrekking doormiddel van horizontale drains zoals voor deze routes beoogd is. Wanneer de onttrekking plaats vindt doormiddel van verticale filters en/of bronnen, zeker in combinatie met spanningsbemalingen, dan kan er wel een verziltingseffect optreden welke dieper reikt.

Voor de routes is nagegaan wat de diepte van het zoet-zout grensvlak is. Op de kaart in Figuur 5 is de diepte van het grensvlak gebaseerd op een chloridegehalte van 1,5 g/l, ongeveer gelijk aan een EC van 4,5 mS/cm. De kaart in Figuur 5 is gebaseerd op eerdere uitgevoerde geofysica metingen en peilbuisgegevens⁶. Het valt op dat bij het overgrote deel van de routes het zoet-zout grensvlak ondieper zit dan 10 meter, en vaak zelfs onder de 5 meter. Alleen het meest zuidelijk deel van het Basis tracé (0,9 km) en het

⁵ Dam, A.M. van, O.A. Clevering, W. Voogt, Th.G.L. Aendekerk en M.P. van der Maas, 2007. Zouttolerantie van Landbouwgewassen. Deelrapport Leven met zout water. PPO nr 32 340194 00, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lisse.

⁶ Staveren, G. van, Velstra, J. (2012) *Verzilting van landbouwgronden in Noord-Nederland in het perspectief van de effecten van klimaatsverandering* Klimaat voor Ruimte rapport Kvr 058/12, ISBN: 978-90-8815-050-0

zuidwestelijk deel van Tjuchem-Delfzijl (3,2 km) bevinden zich in een zone waar het zoet-zout grensvlak zich dieper dan 50 meter bevindt (lichtgele kleur in Figuur 5). Omdat het zoet-zout grensvlak zich op deze locatie zo diep bevindt zal er amper tot geen verziltingsrisico zijn. Deze stukken zijn daarom in de verdere (model) analyse niet meegenomen.



Figuur 5. Kaart die de diepte van het zoet-zout grensvlak weergeeft. De routes zijn met zwarte lijnen weergegeven. De contouren van de provincie Groningen zijn ook zichtbaar (bron: Acacia Water)

3 Aanpak

3.1 Standaardsituaties

Zoals in Hoofdstuk 2 beschreven, zijn de bodemopbouw en kwelsituatie belangrijke variabelen voor het berekenen van het effect van onttrekking op verzilting. Langs de verschillende routes zijn zogenaamde standaardsituaties gedefinieerd. Dit zijn combinaties van *bodemopbouw*, *kwelsituatie*, en *aanlegmethode* die representatief zijn voor de variabiliteit langs de verschillende routes.

Door het gebruik van standaardsituaties wordt rekening gehouden met die variabiliteit, terwijl het aantal berekeningen beperkt wordt. De verschillende routes kruisen namelijk 449 percelen, waarvan een groot aantal hydrologisch vergelijkbaar zullen reageren en een aparte modelberekening niet noodzakelijk is. Door het gebruik van standaardsituaties wordt dus zorgvuldig afgewogen hoeveel berekeningen er nodig zijn om de variabiliteit in percelen en dus in verziltingsrisico goed in beeld te brengen. In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe deze standaardsituaties bepaald zijn.

Aanlegmethode

De aanlegmethodes van de routes Eemshaven-Tjuchem en Tjuchem-Delfzijl lijken veel op elkaar, maar is niet helemaal hetzelfde. Beide trajecten gebruiken een combinatie van gestuurde boringen en open ontgravingen, en worden ontwaterd door middel van horizontale drains. De afmetingen van de sleuf, de diepte van de horizontale drain, en de ontwateringsdiepte verschillen echter voor de twee trajecten (Tabel 1). De verschillen in ontwerp hebben te maken met de verschillende diameters van leidingen voor de routes Eemshaven-Tjuchem en Tjuchem-Delfzijl. Bij de gestuurde boringen wordt alleen bij de in- en uittredepunten water onttrokken, maar dan tot een diepte van 5 m-mv. Het is nog niet bekend of en waar spanningsbemalingen nodig zijn.

Tabel 1. Afmetingen van de sleuf en kenmerken van de ontwatering voor de twee onderzochte trajecten

	Eemshaven-Tjuchem	Tjuchem-Delfzijl
Breedte sleuf op maaiveld [m]	7,3	5,3
Breedte onderkant sleuf [m]	1,3	0,6
Talud	1:1	1:1
Diepte sleuf [m-mv]	3,0	2,35
Diepte horizontale drain [m-mv]	3,8	3,2
Ontwateringsdiepte [m-mv]	3,3	2,7

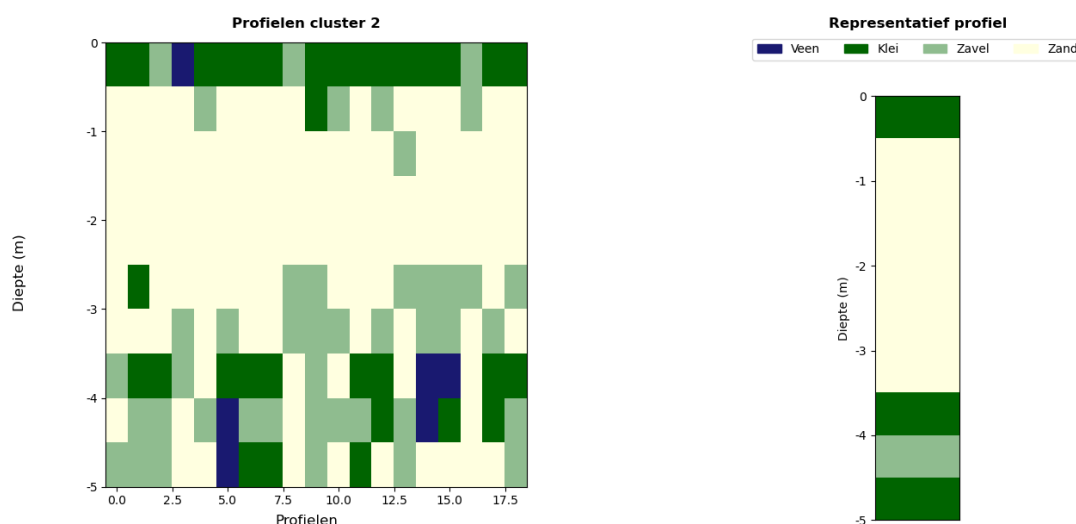
In dit onderzoek worden modelberekeningen echter alleen voor de open ontgraving uitgevoerd uitgaande van horizontale drains (zie hoofdstuk 3.2). Dit komt door de keuze voor een 2D model, waardoor het niet mogelijk is om de verziltingseffecten van gestuurde boringen te simuleren. De bemalingen die benodigd zijn voor de gestuurde boringen zijn namelijk (bij benadering) punt onttrekkingen, waardoor een 3D model nodig is. Hetzelfde geldt voor de verticale filters van spanningsbemalingen die mogelijk

toegepast zullen worden. Aanvullende berekeningen zijn nodig om mogelijke effecten daarvan in kaart te brengen.

Bodemopbouw

In een eerste stap zijn voor alle 449 percelen die overlappen met de routes de lithoklassen van GeoTop opgehaald voor de eerste vijf meter onder maaiveld. De lithologie is vereenvoudigd tot de klassen zavel, klei, zand en veen. Ook de kwel gegevens van de drie verschillende kwelkaarten zijn voor al deze punten verzameld. Dit betekent dat aan ieder perceel dat overlapt met de routes, een bodemprofiel en drie verschillende kwelfluxen (aan de hand van drie verschillende kwelkaarten) zijn toegekend.

Het creëren van de representatieve bodemprofielen is gedaan doormiddel van een automatisch clustering algoritme, genaamd hiërarchische clusteranalyse, toegepast op de bodemopbouw van al deze punten. De clustering methode groepeerde de onderzochte percelen op basis van de bodemopbouw van GeoTOP. Met het resultaat is het mogelijk om de punten te verdelen in groepen met vergelijkbare bodemopbouw (zie ter illustratie een voorbeeld van een gecreëerde groep met vergelijkbare bodemopbouw in Figuur 6). In de analyse is extra nadruk gelegd op 1 tot 3 meter diepte, de diepte waarin de meeste zoetwaterlenzen zich bevinden en die daardoor bepalend is voor de dikte van de zoetwaterlenzen. Het feit dat de bodemopbouw tussen 1 en 3 meter extra nadruk krijgt, betekent dat verschillen in bodemopbouw in dit bereik eerder zullen leiden tot toekenning aan verschillende groepen dan verschillen in bodemopbouw in diepere of ondiepere lagen. Het aantal groepen dat nodig is, is bepaald aan de hand van statistieken die bij de groepering gegenereerd worden en 'expert judgement'. Dit laatste wordt vooral gebruikt om te beoordelen vanaf hoeveel groepen het extra inzicht verkregen door het toevoegen van een extra groep, beperkt is. Dus het punt waarop een extra toegevoegde groep hydrologisch gezien sterk lijkt op een bestaande groep.

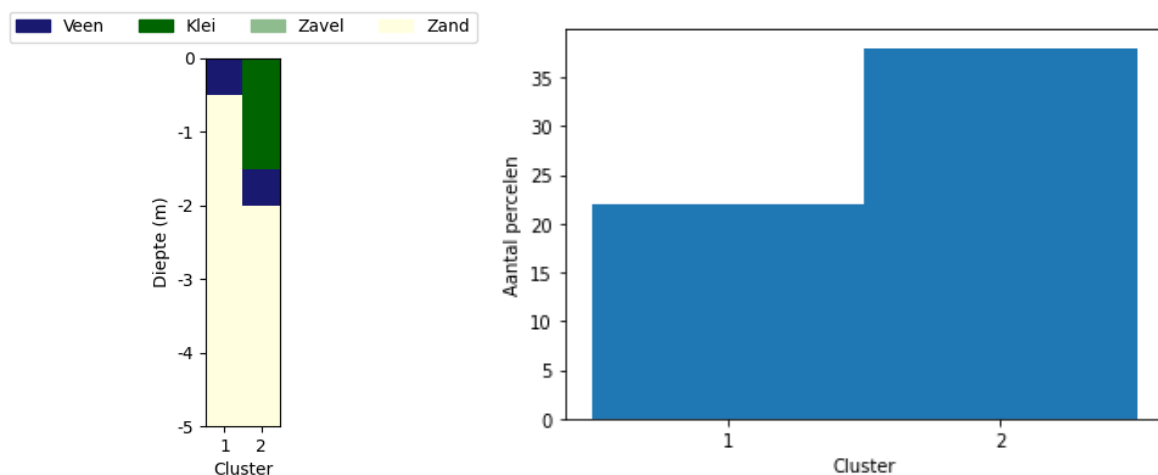


Figuur 6. Voorbeeld van alle bodemprofielen (links) die worden vertegenwoordigd door cluster 2 (rechts). Dieptes zijn ten opzichte van maaiveld.

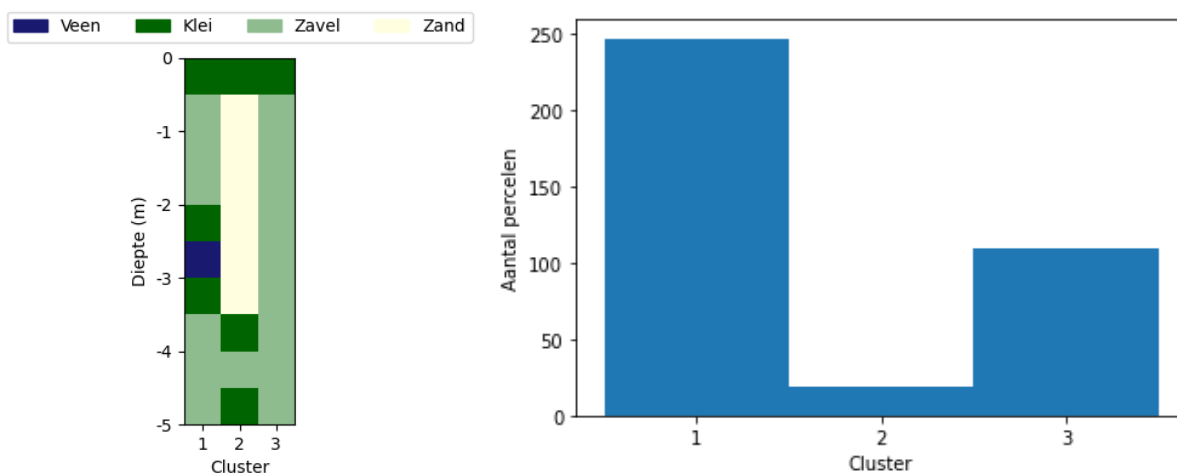
In een eerste analyse van de bodemopbouw is vastgesteld dat de bodemopbouw van percelen voor de routes Eemshaven-Tjuchem en Tjuchem-Delfzijl erg verschillen. De bodemopbouw Tjuchem – Delfzijl bevat meer zand en dat van Eemshaven-Tjuchem meer zavel. Op basis van de resultaten van de clustering en 'expert judgement' is

geconcludeerd dat het gebruik van 5 clusters de variabiliteit in de bodem goed weergeeft, twee voor Tjuchem-Delfzijl en drie voor Eemshaven-Tjuchem. De vijf representatieve bodemprofielen zijn weergegeven in Figuur 8 en Figuur 7.

Uit Figuur 8 en Figuur 7 blijkt dat een zandige bodem het meest voorkomt in het traject van Tjuchem naar Delfzijl. Voor het traject van Eemshaven-Tjuchem komt profiel 1 duidelijk het meest voor; een gelaagde bodem voornamelijk bestaand uit zavel. Ook profiel 3, wat voornamelijk bestaat uit zavel, komt vaker voor. Profiel 2 komt overduidelijk minder vaak voor. Echter, omdat dit profiel in opbouw beduidend anders is dan de andere twee profielen, voornamelijk vanwege de dikke zandlaag, is het van belang om ook dit profiel mee te nemen om te onderzoeken of het verziltingsrisico dan wel effecten van dit profiel afwijken van de andere profielen. Steekproefsgewijs is er voor een aantal Geotop profielen langs het tracé op het oog geverifieerd of de bodemopbouw overeenkomt met de bodemopbouw van de standaardprofielen, en de uitkomsten hiervan zijn positief.



Figuur 7. De twee representatieve bodemprofielen die zijn voortgekomen uit de hiërarchische clusteranalyse voor het traject Tjuchem-Delfzijl (links) en het aantal percelen toegekend aan deze groepen (rechts).



Figuur 8. De drie representatieve bodemprofielen die zijn voortgekomen uit de hiërarchische clusteranalyse voor het traject Eemshaven-Tjuchem (links) en het aantal percelen toegekend aan deze groepen (rechts).

Kwel

De kwelfluxen van de drie verschillende kwelkaarten, in paragraaf 2.3 getoond, zijn geanalyseerd. De variabiliteit in kwel per representatief bodemprofiel (zie Figuur 7 en 8) is groot, waardoor geconcludeerd kan worden dat gerekend moet worden met meer dan één kwelflux. Op basis van eerdere ervaringen in vergelijkbare verziltingsstudies is gebleken dat vooral het verschil tussen kwel-neutrale (hele lage kwelfluxen) situaties en kwel situaties belangrijk is voor berekende effecten. Het verschil tussen lage en hoge kwelfluxen is minder belangrijk.

Dit kan verklaard worden doordat in gebieden met kwelsituaties sprake is van zoetwaterlens⁷. Over het algemeen geldt ook hoe hoger de kwelflux, hoe dunner de zoetwaterlens⁷. Deze gebieden zijn al relatief zout vergeleken met gebieden met zeer lage kwelfluxen of kwel neutrale situaties. Daar is eerder sprake van een dikke zoetwaterlens, of zelfs een zoetwaterzone tot enkele meters onder maaiveld zonder duidelijke lensvorming. Bij een ondiepe onttrekking, zoals bij de aanleg van de waterstofleidingen gepland is, zal naar verwachting meer zoet water worden onttrokken waar meer zoetwater aanwezig is. Dit betekent dat het verziltingsrisico en eventuele effecten juist in relatief zoete gebieden groter zijn dan in relatief zoute gebieden.

In dit onderzoek is uitgegaan van een zeer lage (0,05 mm/d) en een lage tot gemiddelde (0,3 mm/d) kwelflux. De zeer lage kwelflux is representatief voor kwel neutrale gebieden. Een kwelflux van 0,3 mm/d komt overeen met een relatief hoge kwelflux voor het studiegebied. In 3 – 10% van de percelen hebben kwelfluxen groter dan 0,3 mm/d, afhankelijk van de kwelkaart. Voor slechts drie van de 449 percelen is de kwelflux volgens alle drie de kaarten hoger dan 0,3 mm/d.

Resultaat

Uiteindelijk resulteert deze aanpak van de bodemclustering en analyse van de kwel situatie in 10 standaardsituaties (

⁷ Acacia Institute (2019). Spaarwater 2 – Versterken zoetwaterlens, technische rapportage.

Tabel 2). Het gaat om 5 verschillende bodemprofielen, waarvan drie voor het traject Eemshaven-Tjuchem en twee voor het traject Tjuchem-Delfzijl, en voor elk van deze twee verschillende kwelsituaties (ca. 0,05 en 0,3 mm/d). Verder is voor alle standaardsituaties uitgegaan van een drainafstand van 10 m en een draindiepte van 1,2 m. Dit zijn gangbare drainafstanden en -diepten in noord Nederland.

Tabel 2. Overzicht van kenmerken en naamgeving van standaardsituaties

Naam	Bodemprofiel	Kwelflux [mm/d]
ET1_laag	Cluster 1, traject Eemshaven-Tjuchem	0,05
ET1_hoog	Cluster 1, traject Eemshaven-Tjuchem	0,30
ET2_laag	Cluster 2, traject Eemshaven-Tjuchem	0,05
ET2_hoog	Cluster 2, traject Eemshaven-Tjuchem	0,30
ET3_laag	Cluster 3, traject Eemshaven-Tjuchem	0,05
ET3_hoog	Cluster 3, traject Eemshaven-Tjuchem	0,30
TD1_laag	Cluster 1, traject Tjuchem-Delfzijl	0,05
TD1_hoog	Cluster 1, traject Tjuchem-Delfzijl	0,30
TD1_laag	Cluster 2, traject Tjuchem-Delfzijl	0,05
TD1_hoog	Cluster 2, traject Tjuchem-Delfzijl	0,30

3.2 Model

Voor elke standaardsituatie is een 2D dwarsdoorsnedemodel opgezet in MODFLOW6. MODFLOW6 is een software programma voor grondwatermodellering waarmee grondwaterstroming en transport van opgeloste stoffen berekend kan worden in 2D of 3D. In dit project is gebruik gemaakt van de optie om dichtheidsafhankelijke stroming te simuleren, wat nodig is om stroming te simuleren waar zoet en zout grondwater aanwezig is. De dichtheid van zout of brak water is namelijk hoger dan van zoet water.

Zoals in paragraaf 2.1 uitgelegd is door de keuze voor een 2D model het niet mogelijk om de verziltingseffecten van gestuurde boringen te simuleren. De effecten van de bemalingen voor gestuurde boringen worden daarom kwalitatief beoordeeld op basis van de modelresultaten van de open ontgravingen, rekening houdend met de grotere ontwateringsdiepte.

Uitgangspunten

De diepte van het dwarsdoorsnede model is 10 m. De breedte van het model moet zo gekozen worden dat de randen minimaal effect hebben op de modelresultaten. Daarom is uitgegaan van een breedte van 10 keer de drainafstand (100 m). Op basis van verkennende modelberekeningen is gebleken dat deze afstand voldoende is.

Aan de bovenrand van de modellen is een neerslagoverschot gebaseerd op de gemiddelde verdamping en neerslagreeksen van de afgelopen 30 jaar met een chloridegehalte van 0,01 g/l toegekend. Aan de zijkanten is uitgegaan van een 'zero flux' randvoorwaarde. De onderrandvoorwaarde is een opgelegde stijghoogte. De stijghoogte zorgt samen met een weerstandslaag tussen 8-9 m-mv voor een tijdsafhankelijke kwelflux met een aangenomen chloridegehalte van 10 g/l. De stijghoogte is zo gekozen dat met een weerstand van 500 dagen, de gemiddelde jaarlijkse kwelflux overeenkomt met de hierboven genoemde kwel neutrale (0,05 mm/d) en lage tot gemiddelde kwelflux (0,3 mm/d).

De bodemopbouw is gebaseerd op de lithologie van de representatieve bodemprofielen, met de bovengenoemde weerstandslaag eraan toegevoegd. Porositeit is gebaseerd op de Staring reeks⁸. De doorlatendheden van de Staringreeks zijn echter gebaseerd op metingen met kleine bodemmonsters en zijn doorgaans te laag vergeleken met praktijksituaties. Dit komt bijvoorbeeld door scheuren en macroporiën, vooral in zavel- en kleigronden, en geldt zowel voor boven- en ondergronden⁹. Daarom zijn hogere doorlatendheden gehanteerd. De bodemeigenschappen per lithologische klasse worden in Tabel 3 weergegeven.

Tabel 3. Bodemeigenschappen voor de verschillende lithoklassen in de representatieve bodemprofielen

	Porositeit [-]	Horizontale doorlatendheid [m/d]
Zand	0,38	5,0
Zavel	0,46	0,50
Klei	0,56	0,15
Veen	0,89	0,30

In het model zijn de drains parallel aan de routes geplaatst, waarbij de routes midden tussen de drains ligt. Dit betekent dat het hart van de sleuf ter hoogte ligt van de hoogste grondwaterstanden in de routes, waardoor relatief meer water moet worden onttrokken vergeleken met als de routes dwars op de drains ligt. Verwacht wordt echter dat de invloed van de ligging van de drains op het berekende verziltingsrisico beperkt is. De kweldruk en bodemopbouw zijn namelijk bepalend voor de dikte van de zoetwaterlenzen, en daarmee ook het verziltingsrisico en mate van verzilting. Daardoor zijn bandbreedtes van en onzekerheden in deze gegevens veel belangrijker voor de resultaten van dit onderzoek dan de ligging van de drainage.

Aanleg tracé

De aanleg van de routes is gemodelleerd als vervorming van het maaiveld, veroorzaakt door het graven van de sleuf. De sleuf is geplaatst aan de linkerkant van het model, waarbij de helft van de sleuf binnen het model valt. Onder het midden van de sleuf, en dus aan de rand van het model, is een horizontale drain geplaatst om de grondwaterstand tijdens de werkzaamheden te verlagen. De onttrekking is gemodelleerd d.m.v. een DRN package (drainage) met een zeer lage weerstand. Hiermee wordt ervoor gezorgd dat de ontwateringsdiepte behaald wordt. Voor beide trajecten is een bemalingsduur van 10 dagen per meter sleuf aangehouden.

⁸ Wösten, H., Vries, F. de, Hoogland, T., Massop, H., Veldhuizen, A., Vroon, H., Wesseling, J., Heijckers, J., Bolman, A. (2013). *BOFEK2012, de nieuwe, bodem fysische schematisatie van Nederland*. Alterra-rapport 2387. Wageningen, the Netherlands, 88 p.

⁹ Wösten, J.H.M., Veerman, G.J., Groot, W.J.M., de, Stolte, J. (2001). *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks*, Alterra-rapport. Wageningen, the Netherlands, 86 pp.

Er wordt uitgegaan van aanleg tijdens de natte periode, de GHG situatie. Onder deze omstandigheden zal relatief veel water onttrokken moeten worden om het ontwateringsniveau te halen en is daardoor het verziltingsrisico relatief hoog.

Modelberekeningen

De modellen zijn eerst voor 30 jaar doorgerekend met een sinus gebaseerd op het 30-jarlijkse daggemiddelde neerslagoverschot. Het neerslagoverschot is daarmee in de winter het grootst, en in de zomer is juist sprake van een neerslagtekort. Resultaat van deze stap is een inschatting van de dikte van de zoetwaterlenzen in de huidige situatie. Deze resultaten geven de evenwichtstoestand weer. Vervolgens is de sleuf en onttrekking (open ontgraving) aan het model toegevoegd en zijn berekeningen uitgevoerd die een 10-daagse onttrekking representeren.

De effecten van de onttrekking op de zoet-zout situatie in de percelen is beoordeeld aan de hand van de grondwaterstand en de diepte van het zoet-zout grensvlak op het moment dat de onttrekking stop wordt gezet.

3.3 Indicatoren van verzilting

In dit onderzoek wordt het effect op de zoetwatervoorraad bekeken direct na afloop van de werkzaamheden, zowel direct onder als op afstand van de routes. De vertaling naar risicoklassen wordt echter gebaseerd op het effect op de zoetwatervoorraad ter hoogte van de routes. Aangenomen is dat waar het effect op de zoetwatervoorraad relatief groot is, het herstel van de oorspronkelijke zoet-zout situatie ook relatief lang zal duren vergeleken met plekken waar het effect op de zoetwatervoorraad relatief klein is. Herstel is immers afhankelijk van neerslag, en hoe meer zoet water aangevuld moet worden, hoe groter het neerslagoverschot moet zijn om dat te bereiken. Eerder onderzoek toont aan dat herstel van het zoet-zout grensvlak maanden tot meerdere jaren kan duren¹⁰.

Uitgegaan is dat als het effect op de zoetwatervoorraad kleiner is dan 1,5 m, het risico relatief laag is. Bij een effect van groter dan 1,5 m, is het verziltingsrisico relatief hoog. De waarde 1,5 m komt grofweg overeen met de zoetwatervoorraad die aangevuld kan worden uitgaande van het gemiddelde neerslagoverschot tussen oktober en maart (~300 mm) en een freatische bergingscoëfficiënt van 0,2. Hiermee is het een grove vertaling van de neerslagoverschot van een gemiddeld winterseizoen naar mogelijke zoetwaterberging in de bodem. Bij grotere effecten zal herstel zeer waarschijnlijk langer dan een winterseizoen duren. Of het herstel bij effecten kleiner dan 1,5 m daadwerkelijk na een gemiddelde winter grotendeels hersteld is zou echter uit aanvullend onderzoek moeten blijken.

Het effect op de zoetwatervoorraad is echter sterk afhankelijk van de kwelsituatie, terwijl de onzekerheid in kwelgegevens groot is (Figuur 2 – Figuur 4). Door de klasse 'onzeker' risico toe te voegen, wordt rekening gehouden met deze onzekerheid. De locaties waar op basis van alle drie de kwelkaarten het berekende effect op de zoetwatervoorraad

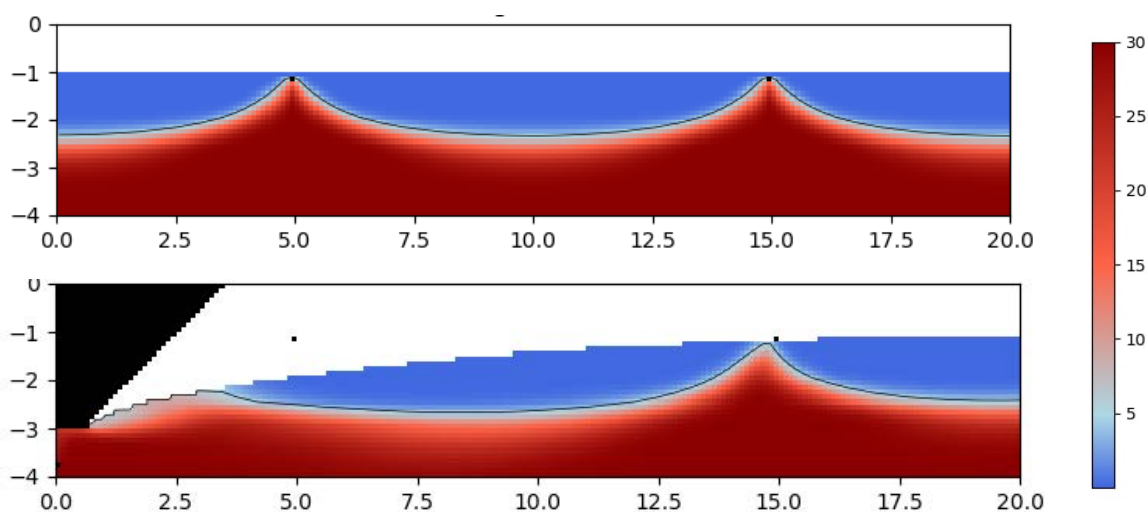
¹⁰ Acacia Water (2019). *Spaarwater 2 – versterken zoetwaterlens*, Technische rapportage, Gouda, the Netherlands.

kleiner is dan 1,5 m, zijn toegekend aan de 'beperkt risico' klasse. De locaties waar op basis van alle drie de kwelkaarten het berekende effect op de zoetwatervoorraad groter is dan 1,5 m, zijn toegekend aan de 'hoog' risico klasse. Op de rest van de locaties is het effect soms kleiner en soms groter dan 1,5 meter, afhankelijk van de gebruikte kwelkaart. Deze locaties zijn toegekend aan de 'onzeker risico' klasse. Waar het zoet-zout grensvlak zich dieper dan 50 m bevindt (Figuur 5) ligt het brak/zout water zo diep dat er amper tot geen verziltingsrisico is. Deze gebieden zijn toegekend aan de 'verwaarloosbaar' risicoklasse. Dit gaat om 0,9 km van de route Eemshaven-Tjuchem die gedeeld wordt door de drie alternatieven, en 3,2 km van het tracé Tjuchem-Delfzijl.

Naast open ontgraving worden ook deeltracés door middel van gestuurde boringen aangelegd. Bij de in- en uitrede punten van de boringen zijn grondwateronttrekkingen nodig waar de gestuurde boringen aangesloten worden aan de veldstrekkingen. Voor het simuleren van de verziltingseffecten van deze onttrekkingen voldoet een 2D dwarsdoorsnede model niet, vanwege de (bij benadering) punt onttrekkingen is een 3D model nodig. In dit verkennend onderzoek wordt vanwege de grotere diepte van de bemaling (5,0 m-mv vergeleken met 3,3 m-mv voor de open ontgraving) en het feit dat het zoet-zout grensvlak over een groot deel van de routes binnen 5 m-mv ligt, aangenomen dat de effecten als gevolg van deze onttrekkingen onder de hoog risico klasse zullen vallen. Aangenomen is dat het risico op percelen die langs een gestuurde boring liggen met voldoende afstand van deze bemalingen verwaarloosbaar is. De gebruikte invloedafstanden in de risicokaart zijn indicatief, nader onderzoek moet vaststellen wat de werkelijke invloedafstand moet zijn.

4 Berekende verziltingseffecten

Voor ieder van de 10 standaardsituaties zijn modelberekeningen uitgevoerd. In Figuur 9 zijn resultaten van het dwarsdoorsnedemodel ET1_hoog (bodemcluster 1 van het traject Eemshaven-Tjuchem en kwelflux 0,3 mm/d) ter illustratie weergegeven. Dit bodemprofiel komt relatief vaak voor (zie Figuur 8). In het bovenste figuur wordt de situatie vlak voor de start van werkzaamheden weergegeven waarin de zoetwaterlenzen duidelijk zichtbaar zijn. De diepte van het zoet-zout grensvlak uitgaande van 4,5 mS/cm is voor deze standaard situatie dan maximaal ongeveer 2,2 m-mv.



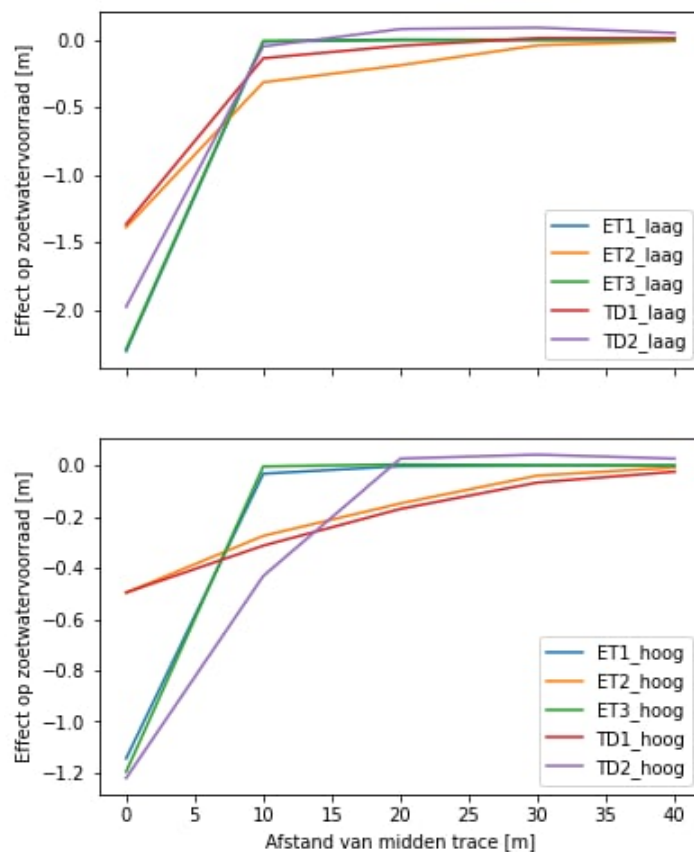
Figuur 9. Modeldwarsdoorsnedes van de situatie net voor de start van werkzaamheden (boven) en situatie na 10 dagen onttrekking voor aanleg van de waterstofleiding (onder). De kleuren geven de EC van het grondwater weer in mS/cm, de zwarte lijn geeft het 4,5 mS/cm grensvlak weer. Drains zijn weergegeven als zwarte punten, ook de sleuf is in de onderste figuur zichtbaar in zwart.

Na afloop van de werkzaamheden is de grondwaterstand verlaagd als gevolg van de onttrekking. De zoetwaterlens is ter hoogte van het midden van de routes nagenoeg geheel verdwenen, dit is het geval bij alle standaardprofielen. De zoetwaterlens daarnaast (tussen 5 en 15 m) is richting de horizontale drain getrokken en de zoetwatervoorraad is als gevolg van de veranderingen in grondwaterstanden en zoet-zout grensvlak verkleind. Het effect ter hoogte van de derde zoetwaterlens, rechts in het figuur, is zichtbaar kleiner.

De modelresultaten van deze en de andere standaard situaties worden in dit hoofdstuk samengevat en vertaald naar de onderzochte waterstofroutes.

4.1 Standaardsituaties

In Figuur 10 worden de ruimtelijke effecten op de zoetwatervoorraad direct na aanleg weergegeven voor alle standaard situaties zoals die berekend zijn door de modellen. Ter hoogte van de sleuf (afstand = 0 m) is de zoetwaterlens nagenoeg verdwenen. Het effect zoals in Figuur 10 is daar dus nagenoeg gelijk aan de dikte van de zoetwaterlens voor de start van de werkzaamheden. Op grotere afstand van de routes neemt het effect af, tot bij een afstand van 40 m voor alle standaardprofielen het effect kleiner is dan 5 cm.



Figuur 10. Ruimtelijke effect op de zoetwatervoorraad direct na aanleg voor alle standaardsituaties met een zeer lage (boven) en lage (onder) kwelflux.

Uit Figuur 10 kan worden afgeleid wat het effect van de bodemtypes en kwelsituaties zijn op de dikte van de zoetwaterlens, en het effect op de zoetwatervoorraad ter hoogte van de routes. Bij gelijke bodemtype zijn de zoetwaterlensen, en dus de effecten, bij lage kwelsituaties groter dan bij hoge kwelsituaties. Bij zandige bodemprofielen (ET2 en TD1) zijn zoetwaterlensen relatief dun vergeleken met de andere bodemprofielen. TD2 heeft ook relatief veel zand, maar net onder drain niveau (1,2 m-mv) komen eerst een laag klei en een laag veen voor, waardoor de zoetwaterlens dikker is dan bij de andere zandige bodemprofielen.

Het verschil tussen bodemtypes is ook zichtbaar in de grootte van de berekende effecten op afstand van de routes. Het effect is bij de zandige bodemprofielen groter dan bij de zavel en kleiige bodemprofielen. De afwijkende waarde van standaardprofiel TD2_hoog is een effect van de gelaagdheid van de bodem. De vervorming van de zoetwaterlens is relatief groot in de eerste 15 m van de sleuf door de slecht doorlatende lagen tot 2 m-mv met daaronder zand.

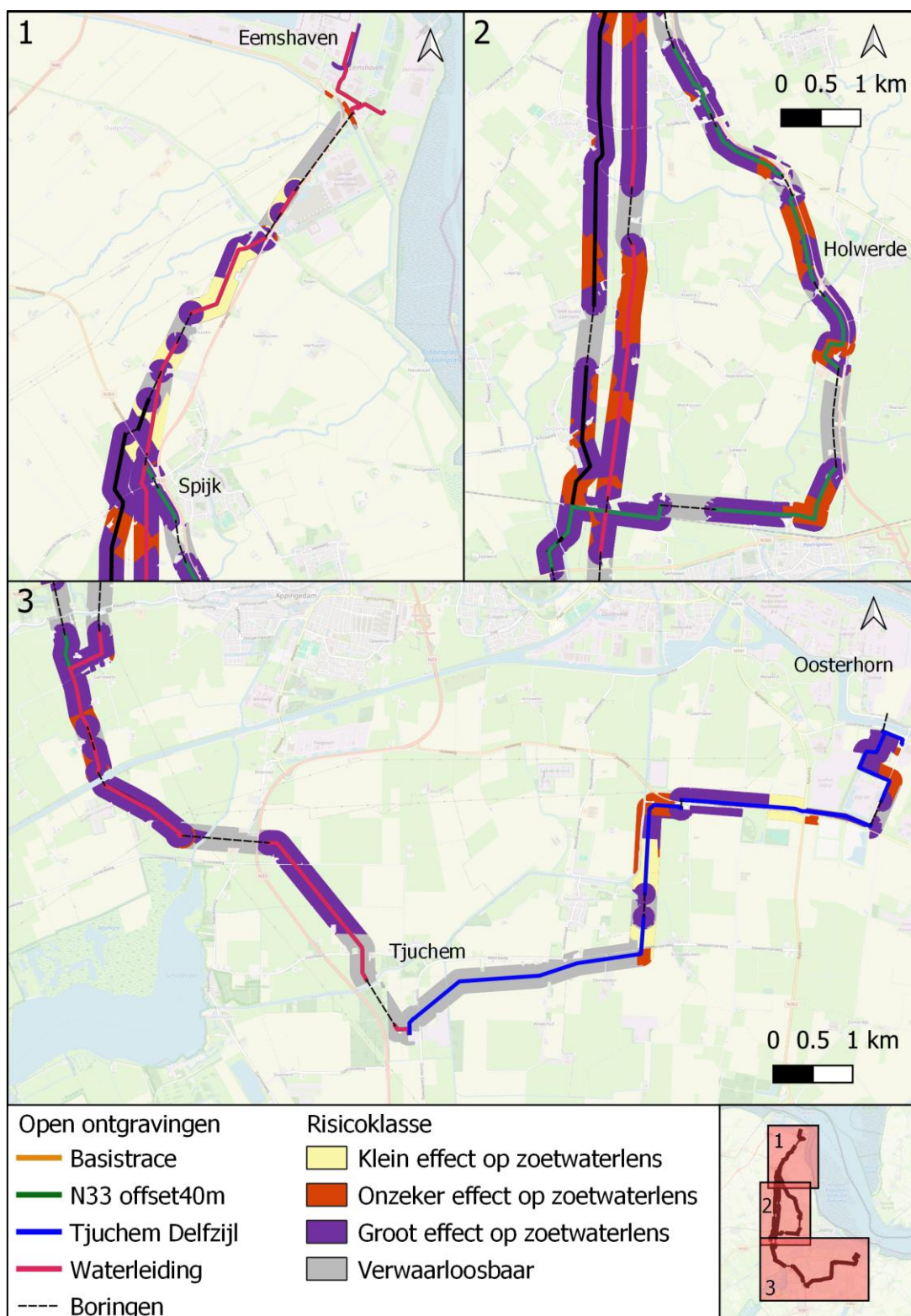
De herstelperiode na de werkzaamheden is niet gesimuleerd. Op basis van eerder onderzoek is gebleken dat herstel van de grondwaterstand relatief snel is (dagen) terwijl het herstel van de zoetwatervoorraad langer duurt (maanden tot jaren). Herstel van de zoetwatervoorraad is afhankelijk van neerslag. Over het algemeen geldt hoe dikker de oorspronkelijke zoetwaterlens, hoe langer dat het herstel daarvan zal duren.

Naar verwachting zal in de periode na de werkzaamheden de grondwaterstand zich herstellen met het water dat in de omgeving beschikbaar is. In de eerste dagen na afloop van de werkzaamheden zal het grondwater ter hoogte van de routes vooral aangevuld worden met grondwater uit de directe omgeving. Dat is op basis van Figuur 9 voornamelijk zout grondwater. Bij dikkere zoetwaterlenzen is er kans dat het zoute diepere grondwater gemengd wordt met restanten van de zoetwaterlenzen aan beide kanten van de sleuf bij grondwateraanvulling. Op langere termijn wordt het neerslagoverschot belangrijk. Hoe hoger het neerslagoverschot, hoe sneller het herstel. Het is daardoor waarschijnlijk dat herstel sneller zal plaatsvinden als de werkzaamheden in de herfst of begin van de winter worden uitgevoerd, dan bij aanleg in de lente of zomer. Het is aannemelijk dat de duur van herstel ook afhankelijk is van of de neerslag in de herstelperiode lager dan, gelijk aan, of hoger dan gemiddeld is.

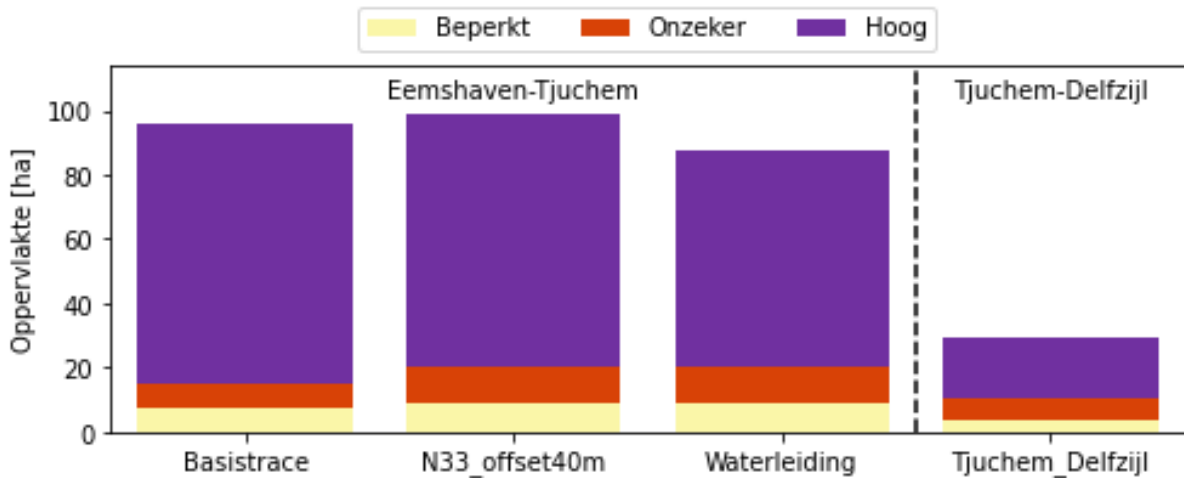
4.2 Waterstofroutes

Ieder van de 449 onderzochte percelen is gekoppeld aan de meest vergelijkbare standaard situatie op basis van de bodemopbouw en de kwelsituatie. Er is rekening gehouden met de onzekerheid in kwelsituatie door in eerste instantie drie risicokaarten te maken, ieder gebaseerd op een verschillende kwelkaart. Deze zijn vervolgens samengevat in een enkele risicokaart zoals in hoofdstuk 3.3 is uitgelegd.

Figuur 11 geeft de resultaten weer op kaart. Te zien is dat de twee klassen groot en onzeker effect de gehele route beslaan. Er zijn geen locaties die toegewezen zijn aan de 'beperkt risico' klasse. Dit komt vooral door de onzekerheid in de kwelkaarten, maar ook door de relatief lage kwelfluxen in dit gebied. Rond Tjuchem is een zone waar het zoet-zout grensvlak zich dieper dan 50 meter bevindt, hier is het risico op verzilting verwaarloosbaar.



Figuur 11. Berekende risico op verziltingseffecten bij aanleg van de routes. Verwaarloosbaar risico is toegekend aan percelen langs boringen met voldoende afstand van de bemalingen bij de eindpunten, alsook in het gebied waar de diepte van het zoet-zout grensvlak onder de 10 m-mv ligt.



Figuur 12. De staven geven de totale oppervlakte weer van de percelen die overlappen met de onderzochte routes. Deze totale oppervlakte is op te delen in drie klassen die het verziltingsrisico door onttrekking weergeven: beperkte kans op verzilting, hoge kans, en onzekere kans.

In Figuur 12 is per route weergegeven hoeveel oppervlakte perceel zich in elk van de drie klassen bevindt. De berekende oppervlakte met hoog verziltingsrisico is voor de route Waterleiding ongeveer 20% kleiner dan voor de alternatieve routes Basistracé en N33_offset40m. De oppervlakte met onzeker verziltingsrisico is voor alternatieven Waterleiding en N33_offset40m ongeveer twee keer zo groot als dat van het Basistracé. De oppervlaktes met beperkt risico zijn vergelijkbaar tussen de drie Eemshaven-Tjuchem routes.

De oppervlaktes van percelen waarvoor verziltingsrisico zijn vastgesteld zijn voor de route Tjuchem-Delfzijl lager dan voor de Eemshaven-Tjuchem routes. Dit komt doordat de route korter is, maar ook doordat een relatief groter gedeelte door een gebied loopt met een diep zoet-zout grensvlak waarvan aangenomen wordt dat het verziltingsrisico verwaarloosbaar is.

Gezien de verwachte impact van de grondwateronttrekkingen ten behoeven van het aansluiten van de veldstrekking aan de gestuurde boringen kan het aantal van deze boringen een aanvullende indicator zijn voor verziltingsrisico. Dit kan helpen onderscheid te maken in routes waar de oppervlaktes van risicoklassen in Figuur 12 vergelijkbaar zijn. Dit vooral omdat de effecten van de boring niet gesimuleerd zijn, maar op basis van de lagere ontwateringsdiepte groter zullen zijn dan van de open ontgravingen.

In

Tabel 4 staat het aantal boringen in verziltingsrisicogebied (zie Figuur 1) voor de onderzochte routes, geteld over de gehele route Eemshaven-Tjuchem danwel Tjuchem-Delfzijl, alsook andere kenmerken van de routes. Net als bij de perceeloppervlaktes is een klein voordeel voor de Waterleiding route in vergelijking met de andere Eemshaven-Tjuchem routes. Het aantal boringen over de route Tjuchem-Delfzijl is in vergelijking laag.

Tabel 4. Lengte van de totale route, de lengte van de verschillende aanleg methoden en het aantal boringen in verziltingsrisicogebied voor de onderzochte routes

Route	Lengte route [km]	Lengte open ontgraving [km]	Lengte boringen [km]	Aantal boringen totaal	Aantal boringen in verziltingsrisicogebied
Basistracé	24,4	17,7	6,7	11	10
N33 offset40m	27,8	19,2	8,6	17	16
Waterleiding	23,3	17,4	5,9	10	9
Tjuchem-Delfzijl	10,3	9,3	1,0	4	4

De lengte van de boringen hoeft niet meegenomen te worden als criterium bij beschouwing van de kans op verzilting. De indicatoren inventariseren het risico op verzilting en de mate van verzilting waar deze effecten verwacht kunnen worden: bij open ontgravingen en in- en uittredepunten van boringen. Aangezien een route volledig uit open ontgravingen en boringen bestaat, zal wanneer de lengte van de een toeneemt, de lengte van de ander afnemen. Bij verkleining van een boring zal automatisch de lengte open ontgraving afnemen, en zal de oppervlakte waar verziltingseffecten verwacht worden op basis van de berekeningen verkleinen. Daarnaast hoeft het verziltingsrisico voor een route met langere boringen niet lager uit te vallen dan die voor een route met kortere boringen als bijvoorbeeld de totale lengte van de eerste route ook veel groter is, ondanks dat meer percelen niet bemaald hoeven worden.

5 Conclusies en aanbevelingen

In het verkennend verziltingsonderzoek zijn de kansen op en mate van verzilting onderzocht bij aanleg van mogelijke waterstofroutes tussen Eemshaven-Tjuchem en Tjuchem-Delfzijl. Het doel van het onderzoek is om de verschillen in risico op en mate van verzilting te vergelijken tussen de voorgestelde routes. De verziltingseffecten zijn aan de hand van een grondwatermodel met dichtheidsafhankelijke stroming gesimuleerd voor tien standaardsituaties die representatief zijn voor de variabiliteit in bodem en kwel langs de routes. De bodem en kwel zijn gebaseerd op beschikbare gegevens van regionale en landelijke schaal. Deze databronnen geven op regionale schaal een goed beeld van de variabiliteit, maar op het niveau van individuele percelen kan de data afwijken van de werkelijkheid. Dit betekent dat de resultaten van dit onderzoek het verziltingsrisico op het niveau van de routes beter weergeeft dan op het niveau van individuele percelen.

De berekeningen tonen aan dat verziltingseffecten te verwachten zijn als gevolg van de onttrekkingen bij aanleg van de waterstofroutes. Het effect op de zoetwatervoorraad is het grootst ter hoogte van de horizontale drain waaruit water wordt onttrokken. Voor alle onderzochte standaardsituaties is de zoetwaterlens ter hoogte van het midden van de sleuf nagenoeg of geheel verdwenen na afloop van de werkzaamheden. Op 40 m van de sleuf is het berekende effect op de zoetwatervoorraad beperkt tot kleiner dan 5 cm.

Het verziltingsrisico langs de verschillende routes is verdeeld in klassen: beperkt, onzeker, en hoog risico (Tabel 5). Van de drie alternatieve routes voor het traject Eemshaven-Tjuchem heeft Waterleiding een kleinere oppervlakte van percelen met een hoog risico. Deze route heeft ook een kleiner aantal gestuurde boringen dan de alternatieve routes (Tabel 5). Langs de boringen is weliswaar het risico op verzilting verwaarloosbaar, maar waar deze aangesloten worden op de deeltracés waarbij open ontgraving wordt toegepast, wordt uitgegaan van hoog risico vanwege de grotere grondwaterstandsverlaging vergeleken met de open ontgravingen.

Tabel 5. Overzicht van kenmerken en indicatoren voor verziltingsrisico voor de onderzochte routes

Route	Lengte route [km]	Lengte open ontgraving [km]	Lengte boringen [km]	Aantal boringen	Oppervlakte hoog risico [ha]	Oppervlakte onzeker risico [ha]	Oppervlakte beperkt risico [ha]
Basistracé	24,4	17,7	6,7	11	80,7	7,8	7,4
N33 offset40m	27,8	19,2	8,6	17	78,8	11,4	8,7
Waterleiding	23,3	17,4	5,9	10	67,3	11,6	8,6
Tjuchem-Delfzijl	10,3	9,3	1,0	4	19,3	6,7	3,5

Het verschil tussen de verschillende onderzochte routes heeft vooral te maken met de verschillen in perceeloppervlakten die doorkruist worden. Namelijk, de lengte aan open ontgraving voor de route Waterleiding is korter (Tabel 5), en minder percelen worden daarbij doorkruist, dan de twee andere alternatieven voor Eemshaven-Tjuchem. De lengte van Tjuchem-Delfzijl is ongeveer de helft van de Eemshaven-Tjuchem routes (Tabel 5), waarvan een relatief groot aandeel door een gebied loopt waarbij er geen verziltingsrisico verwacht wordt op basis van het diepe zoet-zout grensvlak.

5.1 Aanbevelingen

In een volgende fase kan het verziltingsonderzoek op verschillende manieren verfijnd worden. De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor de open ontgravingen langs de routes. Effecten voor de bemalingen ten behoeve van de aansluiting van de deeltracés met open ontgraving aan gestuurde boringen zijn kwalitatief ingeschat op basis van het verschil in bemalingsdiepte. Aanbevolen wordt om de risico's op deze locaties nader uit te werken om de betrouwbaarheid van de analyse daar te vergroten.

In dit onderzoek zijn geen veldonderzoeken uitgevoerd, waardoor het onderzoek volledig is gebaseerd op beschikbare data. Gezien de onzekerheden in bijvoorbeeld de kwelkaarten, maar ook de aangenomen bodemeigenschappen, kunnen verziltingseffecten anders uitvallen dan hier berekend is. Het is bijvoorbeeld aannemelijk dat als de doorlatendheid hoger uitvalt dan de aangenomen waarde, de afstand tot waar verziltingseffecten zichtbaar zijn, zal toenemen, en andersom. De doorlatendheid kan gemeten worden door middel van Hooghoudt proeven en/of een korrelanalyse (zeefkrommemethode). De kwelflux kan het best gemeten worden door het plaatsen van twee peilbuizen, één freatisch en één direct onder de deklaag. Door het verschil in stijghoogte in de peilbuizen en een geschatte weerstand op basis van de bodemopbouw kan de kwelflux worden bepaald. In een volgende fase kunnen veldonderzoeken inzicht geven in de waardes van belangrijke parameters, zoals doorlatendheid en kwelflux. Aan de hand van deze gegevens kan het verziltingsonderzoek verfijnd worden.

In deze studie is uitgegaan van aanleg volgens de standaard open ontgravingsmethode. Het is echter mogelijk om mitigerende maatregelen te nemen om daarmee het verziltingsrisico en/of de verziltingseffecten te verkleinen. Naar verwachting geldt: hoe meer een mitigerende maatregel het totale onttrokken debiet kan verkleinen, hoe groter de verwachte effectiviteit van de maatregel. Het totale onttrokken debiet kan verkleind worden door de onttrekkingsduur te verkorten en/of het debiet te verkleinen. De onttrekkingsduur kan verkort worden door bijvoorbeeld langere dagen te maken of door aanpassingen in de bemalingsstrategie. Het debiet kan verkleind worden door bijvoorbeeld gebruik van damwanden. Daarmee wordt ook het effect van de bemaling op afstand van het tracé beperkt. Het is echter belangrijk dat maatregelen technisch haalbaar en uitvoerbaar zijn. Kansrijke maatregelen om verziltingsrisico te verkleinen die ook technisch haalbaar zijn kunnen het best verkend worden in overleg met onder andere de uitvoerende partijen.

Hoofdkantoor

Van Hogendorpplein 4
2805 BM Gouda

**Regiokantoor
Noord-Nederland**

Watercampus
Agora 4
8934 CJ Leeuwarden

**Regiokantoor
Oost-Afrika**

Woreda 03, Bole Sub city
House No. 4/020
Addis Abeba

www.acaciawater.com



Bijlage 8

Notitie Kwalitatief oordeel verschil opkomstdata en oogstdata

Aan
Rotterdam Engineering

Van
Afdeling Grondzaken
Gasunie/Hynetwork
Services

Ons kenmerk
OON 24.0555

K.c.
Archief

Via

Datum
11 maart 2024

Onderwerp
Kwalitatief oordeel verschil opkomstdata en oogstdata per gewas voor Waterstofnetwerk
Groningen

NOTITIE

In deze notitie wordt een kwalitatief oordeel gegeven aangaande de onderwerpen opkomstdata en oogstdata voor de gewassen aardappelen, suikerbieten, graan en gras voor het project Waterstofnetwerk Groningen. Deze notitie maakt onderdeel uit van de Analyse Agrarische Waarden.

1. Aardappelen

De belangrijkste onkruidbestrijding bij aardappelen vindt rondom opkomst plaats. Hetzij door een bespuiting vlak voor opkomst, hetzij door het aanaarden van de rug rondom opkomst of een combinatie van beide. Een eerdere opkomst van aardappelen op het tracé als gevolg van warmte leiding, heeft effect op de teelt van de aardappelen. De onkruidbestrijding zal dan op het tracé te laat zijn of op de rest van het perceel te vroeg. Geen goede onkruidbestrijding kan resulteren in een lagere opbrengst en hogere ziektedruk. De onkruidbestrijding voor opkomst heeft effect op de bedrijfsvoering, omdat de grondgebruiker rekening moet houden met een tweede bespuiting (gunstige weersomstandigheden, grond niet te nat, extra kosten voor tijd en materieel etc.)

Voor aardappelen heeft dit een negatief effect op de bedrijfsvoering (score ‘-’ = negatief).

Voor wat betreft de oogstdata geldt dat de aardappelen die boven het tracé groeien eerder oogstrijp zijn als gevolg van hogere bodemtemperatuur. Deze aardappelen worden nog niet geoogst (terwijl ze er wel al klaar voor zijn) aangezien het overige oogstdeel van het perceel nog niet zo ver is. Dit kan ten koste gaan van de kwaliteit van de te oogsten aardappelen.

De oogstdatum heeft een geringe invloed op de bedrijfsvoering. Er zal in theorie een kwaliteitsverschil zijn, dat zich kan uiten in een iets grovere maatsortering (in geval van pootaardappelen), maar in de praktijk is dit niet of nauwelijks meetbaar.

Voor aardappelen heeft dit een neutraal/negatief effect op de bedrijfsvoering en opbrengst (score ‘O/-’ = neutraal/negatief).

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 11 maart 2024

Ons kenmerk: OON 24.0555

Onderwerp: Kwalitatief oordeel verschil opkomstdata en oogstdata per gewas voor Waterstofnetwerk Groningen

2. Suikerbieten

Bij suikerbieten vindt over het algemeen onkruidbestrijding plaats door het kleine onkruid met een lage dosering onkruidbestrijdingsmiddel aan te pakken. Echter doordat de opkomstdata van bieten boven de warmere leiding een aantal dagen eerder zal zijn, zal het onkruid ook eerder boven komen en mogelijk niet meer gevoelig zijn voor die lage dosering. Gevolg kan zijn dat er op die strook een zwaardere dosering nodig is, of dat de onkruidbestrijding onvoldoende resultaat heeft en daardoor een lagere opbrengst van de bieten kan veroorzaken.

De onkruidbestrijding voor opkomst heeft effect op de bedrijfsvoering, omdat de grondgebruiker rekening moet houden met een tweede bespuiting (gunstige weersomstandigheden, grond niet te nat, extra kosten voor tijd en materieel etc.)

Voor suikerbieten heeft dit een negatief effect op de bedrijfsvoering en opbrengst (score '- ' = negatief).

Voor wat betreft de oogstdata geldt dat de suikerbieten boven het tracé eerder oogstrijp zullen zijn. Als de bieten dan nog niet geoogst worden, vanwege het feit dat de rest van het perceel nog niet oogstrijp is, kan dit resulteren in een lager suikergehalte (door hergroei of neerslag). De oogstdatum heeft een geringe invloed op de bedrijfsvoering. Er zal in theorie een kwaliteitsverschil zijn, maar deze is in de praktijk niet of nauwelijks meetbaar.

Voor suikerbieten heeft dit een neutraal/negatief effect op de bedrijfsvoering en opbrengst (score 'o/- ' = neutraal/negatief).

3. Graan

Verschil in opkomstdata bij graan zal niet heel veel consequenties hebben in relatie tot onkruidbestrijding. Echter het gewas kan zich wel sneller ontwikkelen, waardoor de oppervlakte boven het tracé een gewasontwikkeling krijgt dat forser is dan de rest van het perceel. Hierdoor kan op dat gedeelte de schimmeldruk hoger zijn, wat kan resulteren in een lagere opbrengst. Voor granen heeft dit een licht negatief effect op de bedrijfsvoering en opbrengst (score 'o/- ' = licht negatief). De verwachting is dat een extra bespuiting tegen ziekten en plagen niet nodig zal zijn.

Met betrekking tot oogstdata is het zeer schadelijk dat een gedeelte van het gewas eerder oogstrijp is dan de rest van het perceel. Vaak is dat gedeelte niet apart te oogsten en zal moeten wachten op de oogstrijpheid van het restant perceel. De kwaliteit van het gewas zal dan zienderogen af kunnen nemen, zeker wanneer er sprake is van een wisselvallig klimaat. Regen op een rijp graangewas zorgt voor

N.V. Nederlandse Gasunie

Datum: 11 maart 2024

Ons kenmerk: OON 24.0555

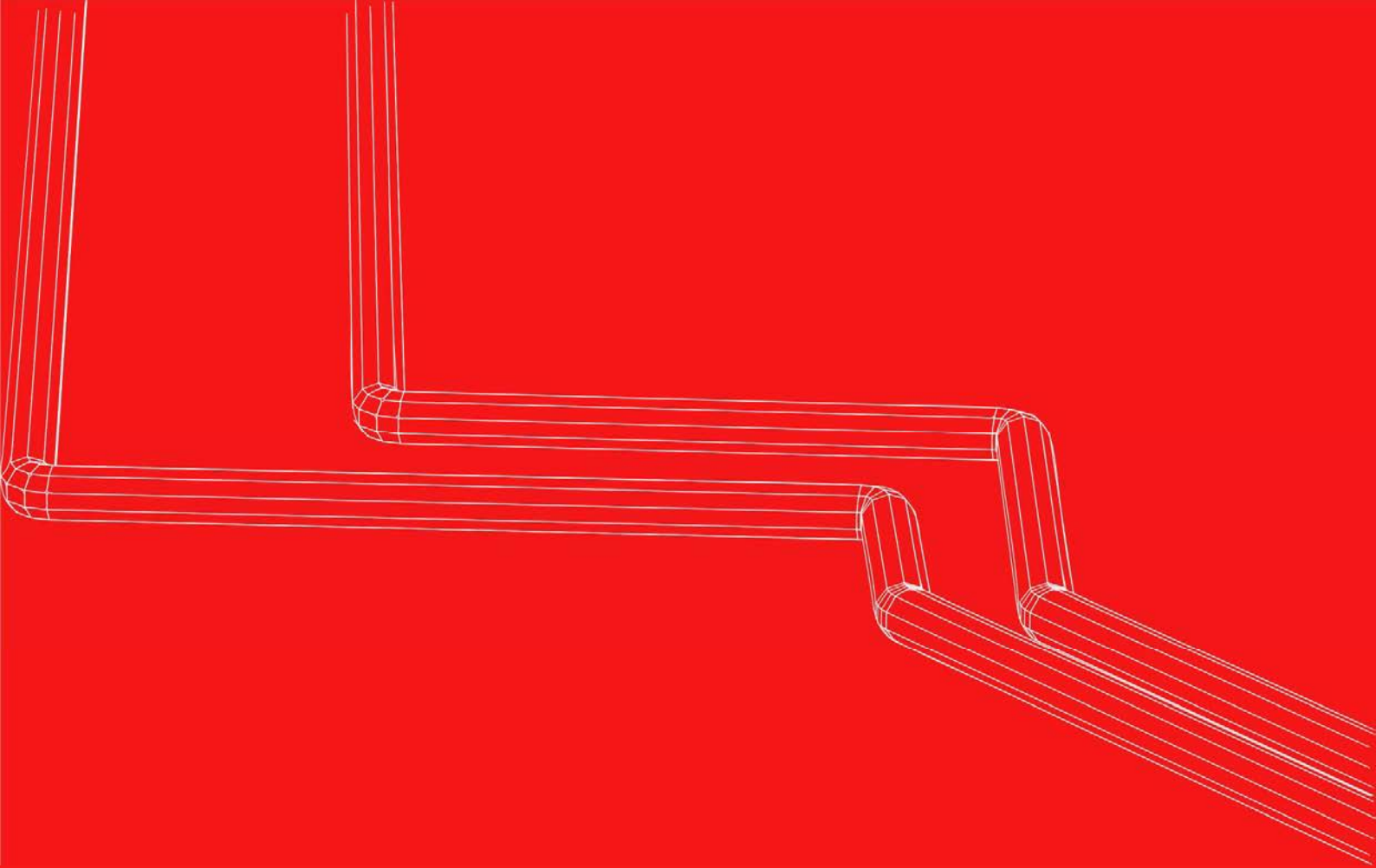
Onderwerp: Kwalitatief oordeel verschil opkomstdata en oogstdata per gewas voor Waterstofnetwerk Groningen

kwaliteitsafname. Een voorbeeld hiervan is “schot” (het kiemen van de gerijpte graankorrel).

De oogstdatum heeft invloed op de opbrengst en bedrijfsvoering. Voor granen geeft dit een negatief effect (score ‘-’ = negatief).

4. Gras

Een negatieve relatie tussen verschil in opkomstdata en de gewasoogst van gras is niet of nauwelijks aan de orde. Er is geen effect op de opbrengst en bedrijfsvoering. Voor gras geeft dit een score ‘o’ = neutraal.



Rotterdam Engineering

Rotterdam Engineering B.V.
Vasteland 78
3011 BN Rotterdam
Telefoon: 010-226 4935

Copyright © 28 maart 2024

Niets uit deze uitgave mag worden
verveelvoudigd en/of openbaar worden
gemaakt door middel van druk, fotokopie,
elektronisch of op welke wijze dan ook,
zonder schriftelijke toestemming van de
auteurs.

Rotterdam Engineering is onderdeel van



Bijlage C Kaarten tracéalternatieven

Trace Eemshaven - Tjuchem - alternatief Basis _____	2
Trace Eemshaven - Tjuchem - alternatief Waterleiding _____	11
Trace Eemshaven - Tjuchem - alternatief N33 _____	20
Trace Tjuchem - Delfzijl _____	29
Trace Tjuchem - Nieuwediep _____	32
Trace Scheemda - Oude Statenzijl _____	43



Afsluiterlocaties

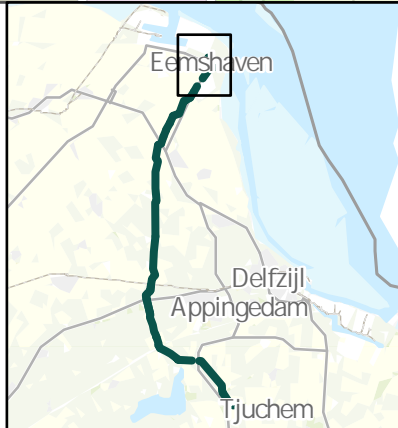
Nieuw aan te leggen

Basis (nieuw)

Boring
 Open ontgraving

Bestaande situatie

Bestaande aardgasleiding



ALTERNATIEF BASIS

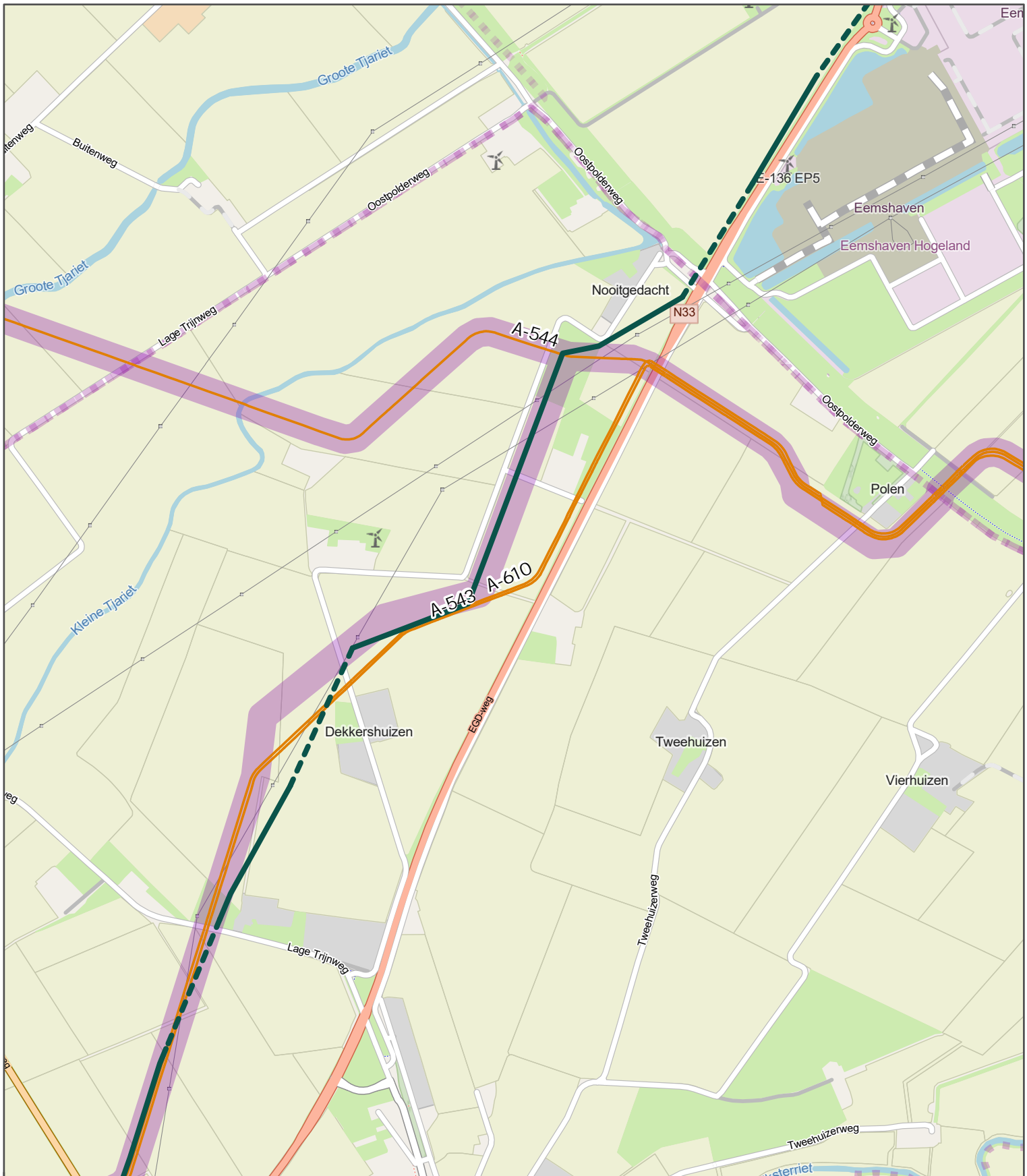
**EEMSHAVEN - TJUCHEM
 WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 1 / 9



DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000



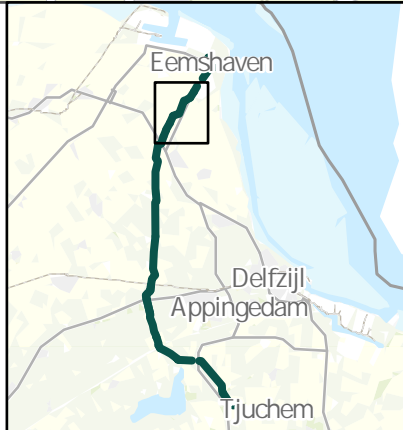


Basis (nieuw)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

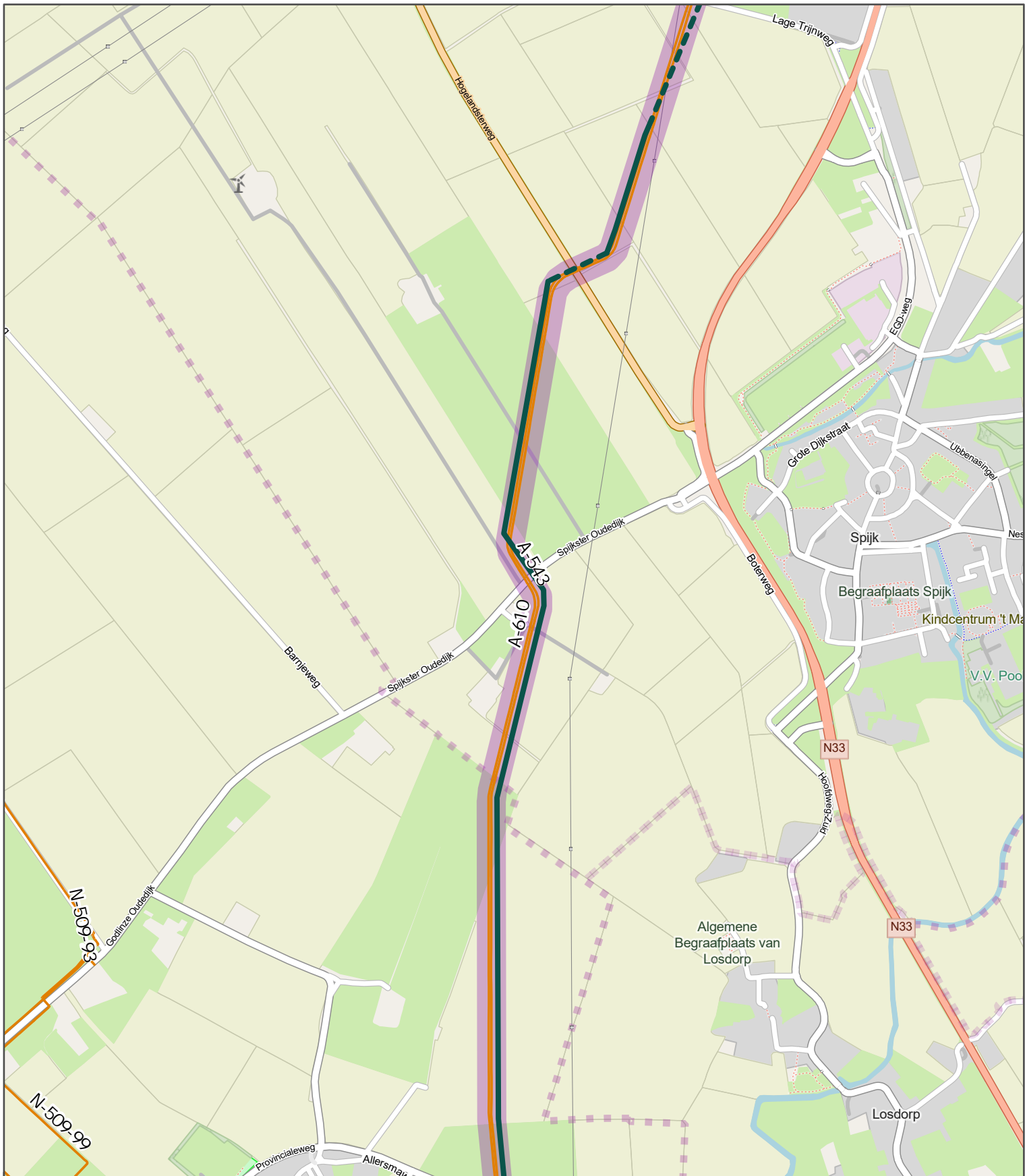
**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 2 / 9



ARCADIS Design & Consultancy
for natural and built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000



0 140 280 420 560m



Basis (nieuw)

-  Boring
-  Open ontgraving

Bestaande situatie


-  Bestaande aardgasleiding
-  SVB-strook



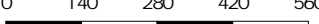
ALTERNATIEF BASIS


**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

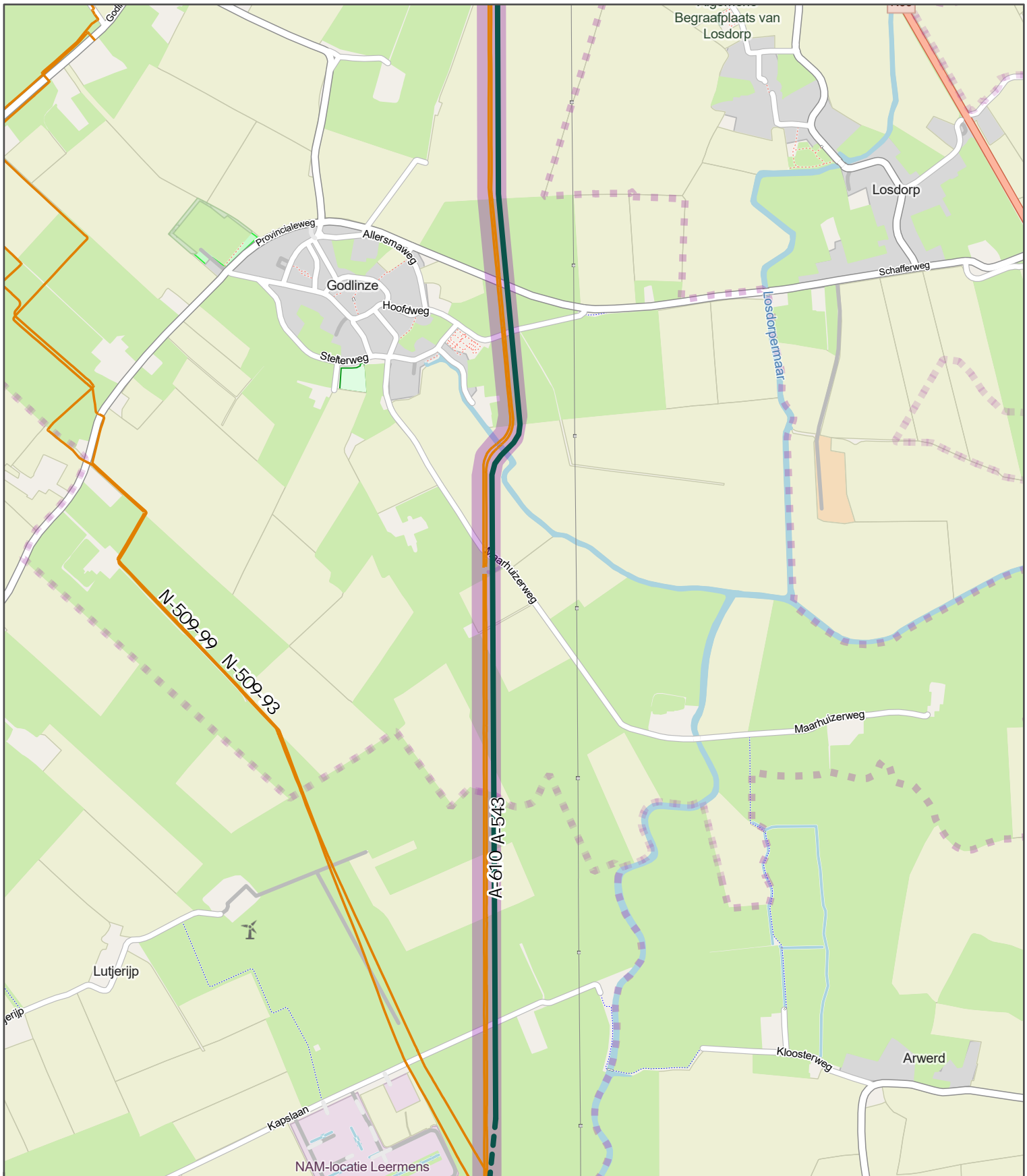
OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 3 / 9

 **ARCADIS** Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m 



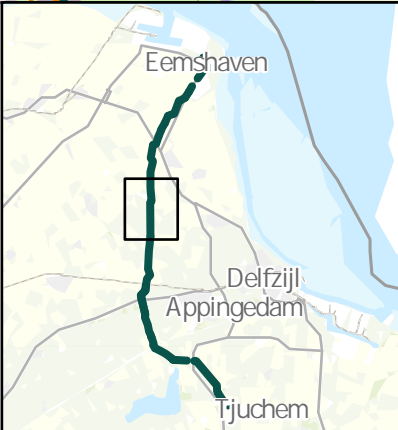


Basis (nieuw)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

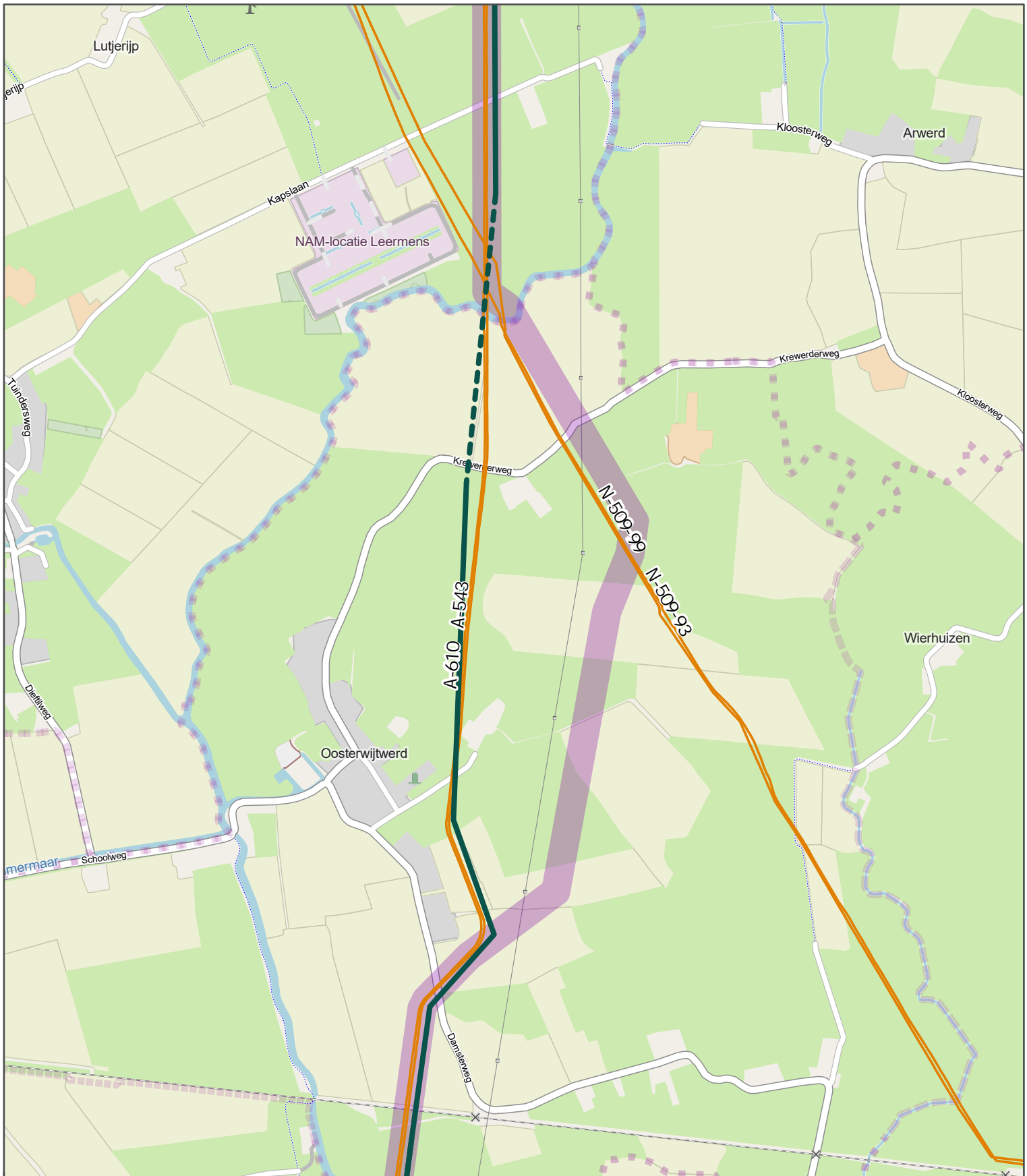
**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 4 / 9

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m



Basis (nieuw)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

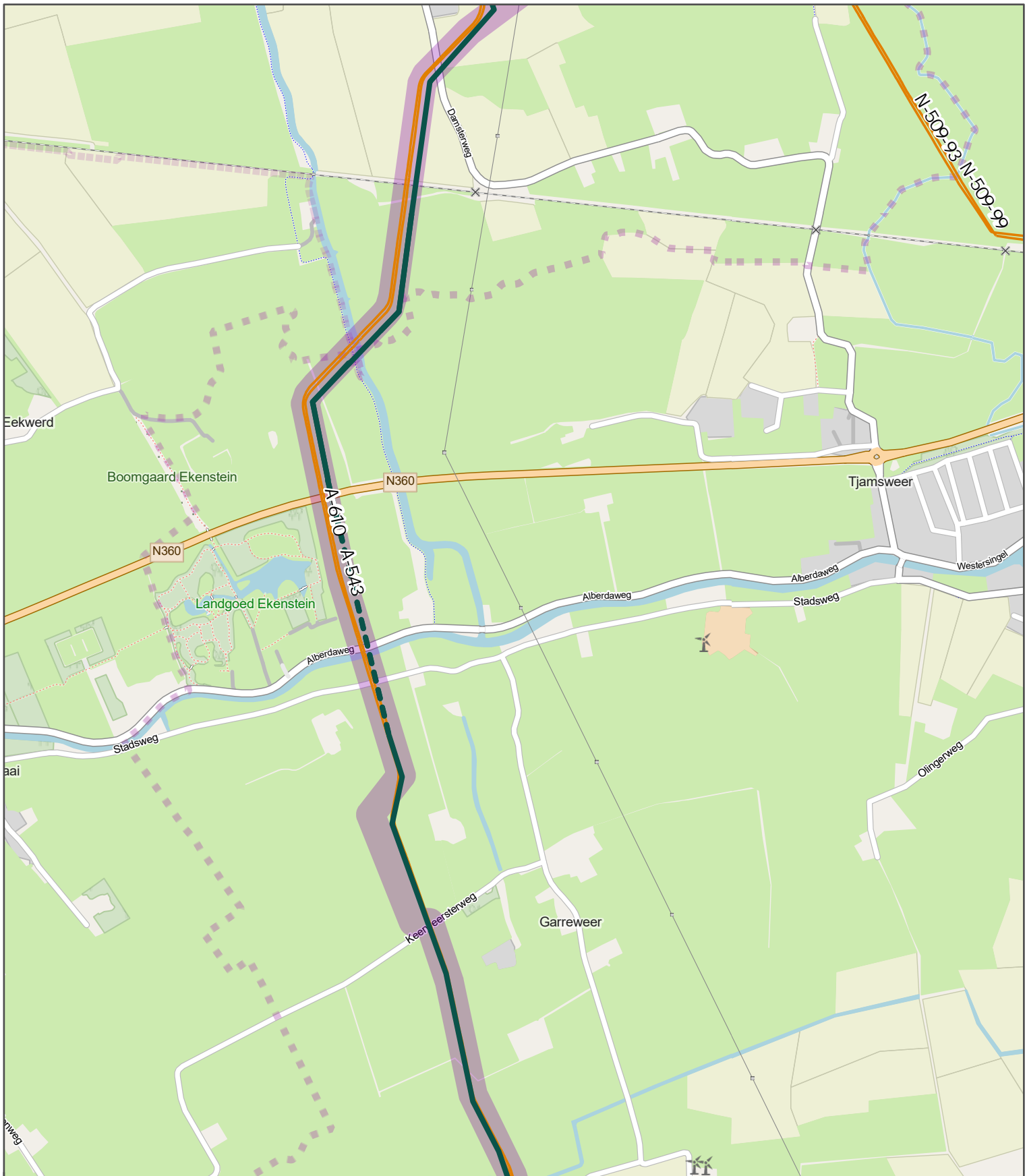
**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 5 / 9

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m

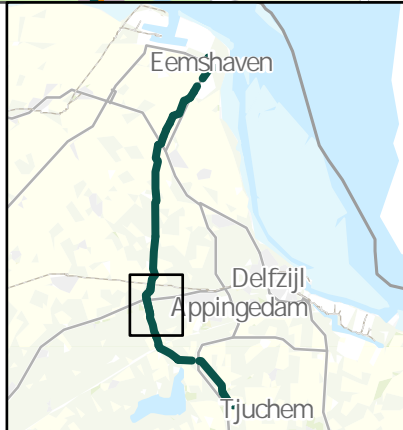


Basis (nieuw)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 6 / 9

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m

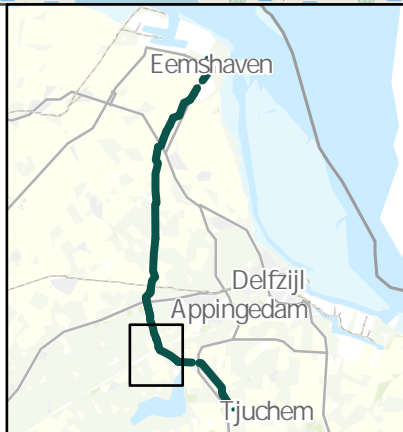


Basis (nieuw)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

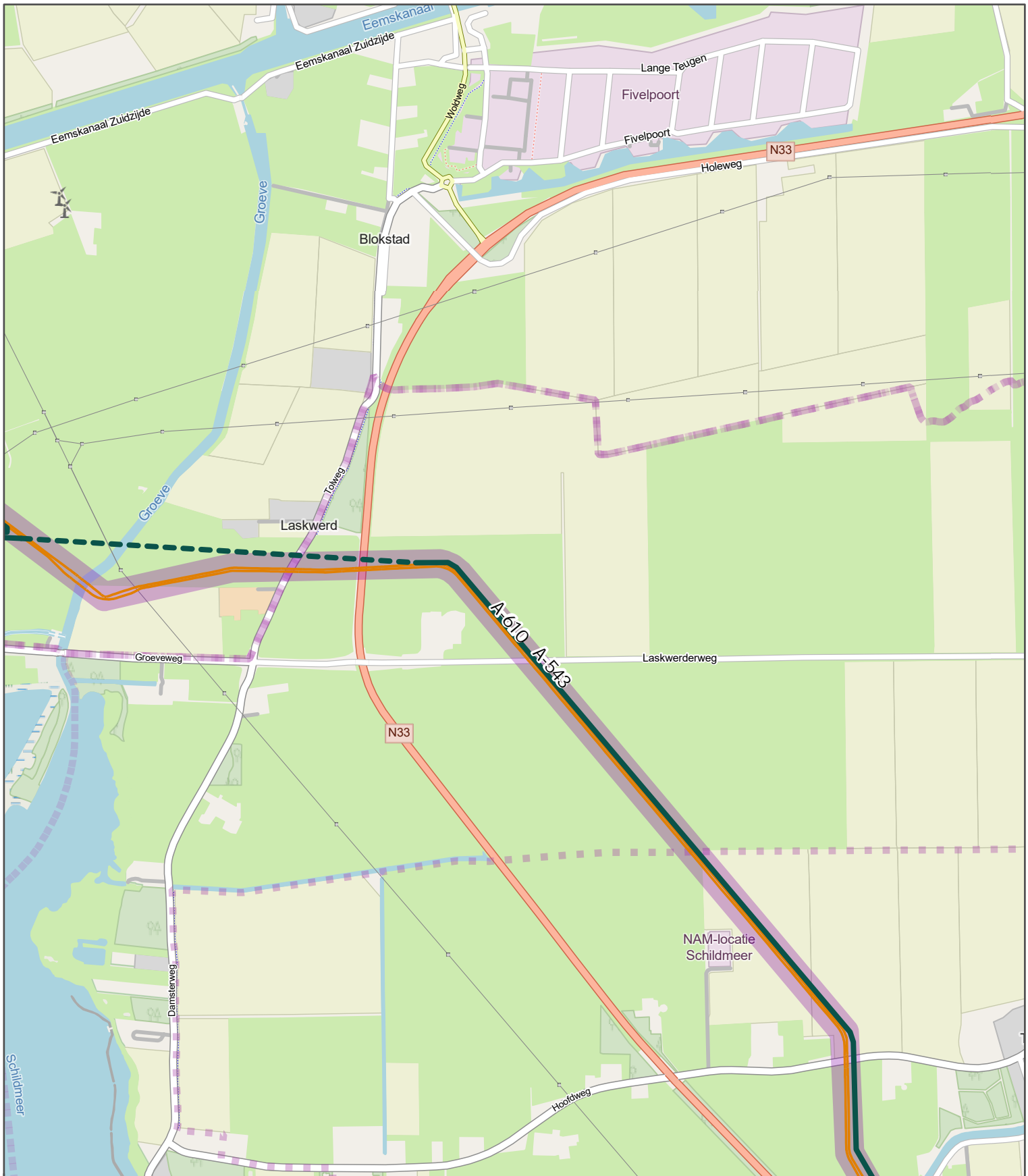
**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 7 / 9

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m +

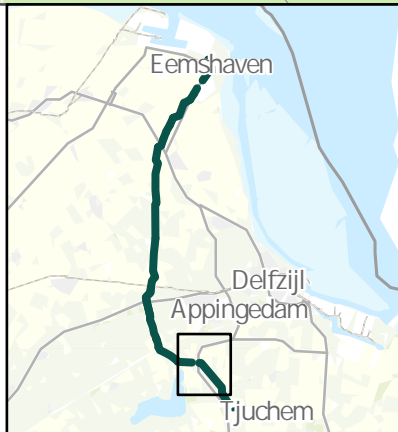


Basis (nieuw)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

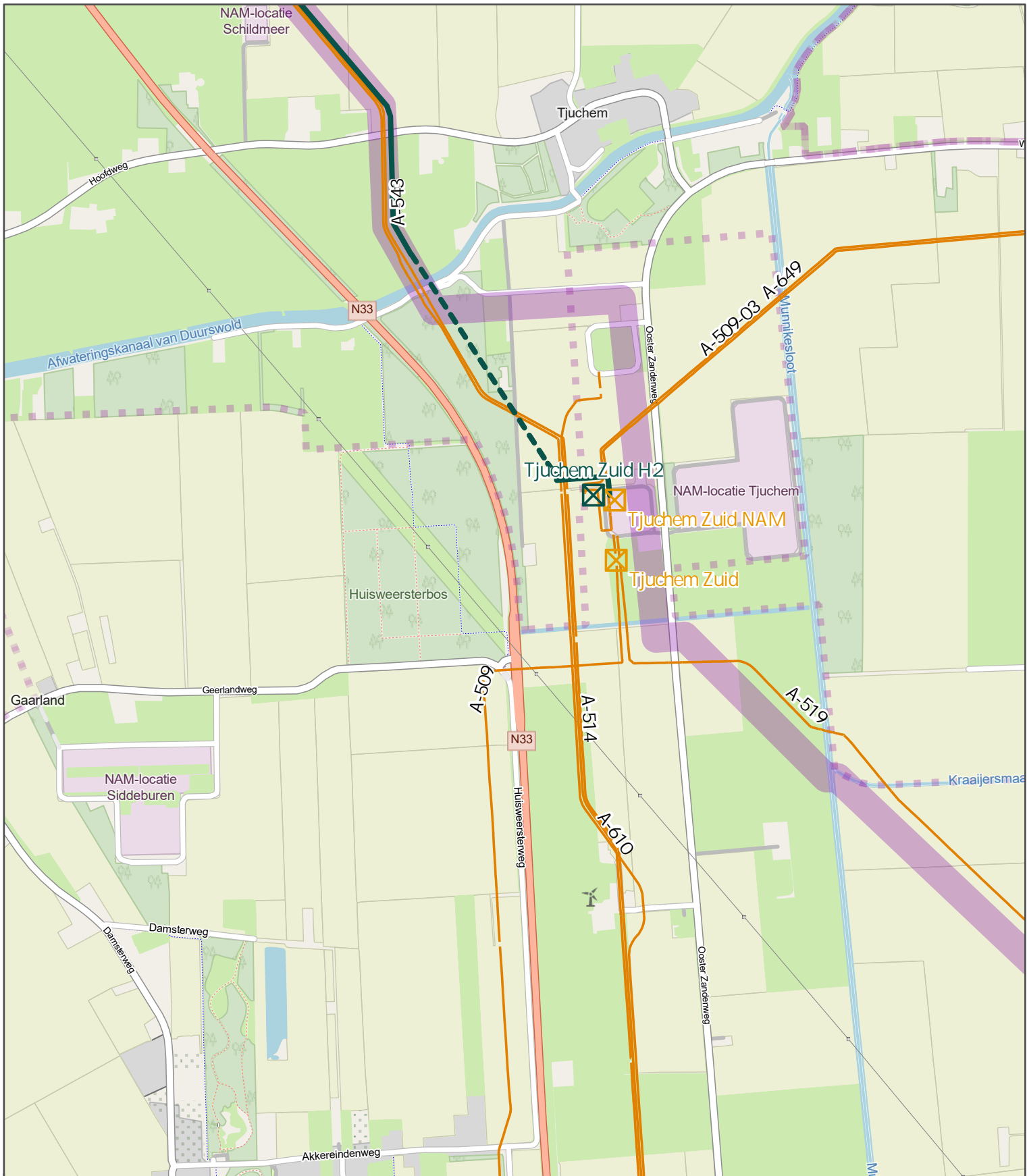
**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 8 / 9

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m +



Afsluiterlocaties

- Nieuw aan te leggen
- Ontkoppelen bestaand

Basis (nieuw)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 9 / 9

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m



Afsluiterlocaties

Nieuwaan te leggen

Waterleiding (alternatief)

Boring

Open ontgraving

Bestaande situatie

Bestaande aardgasleiding



ALTERNATIEF WATERLEIDING EEMSHAVEN - TJUCHEM WN GRONINGEN

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

PAGINANUMMER: 1 / 9

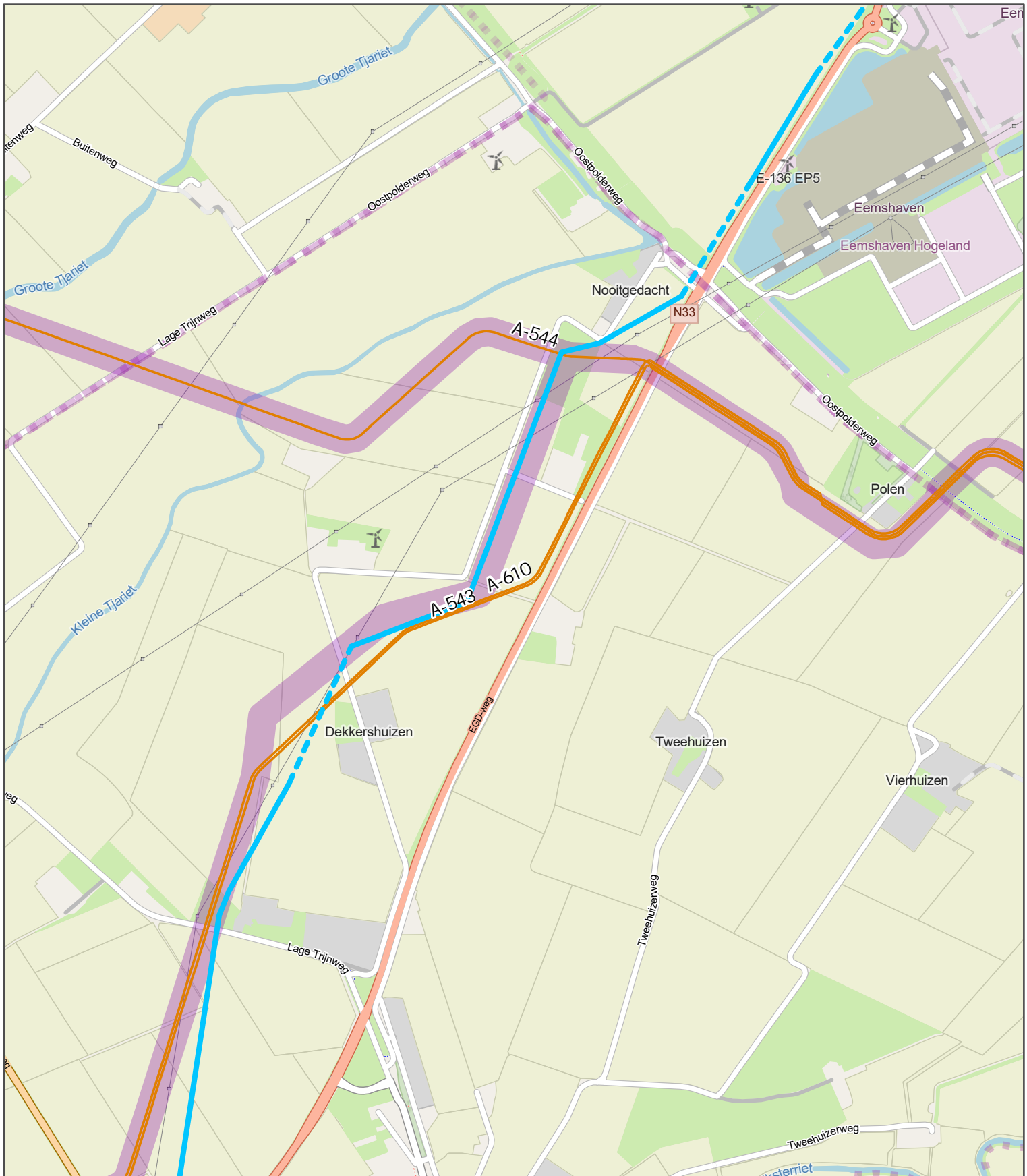


DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m





Waterleiding (alternatief)

- - - Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



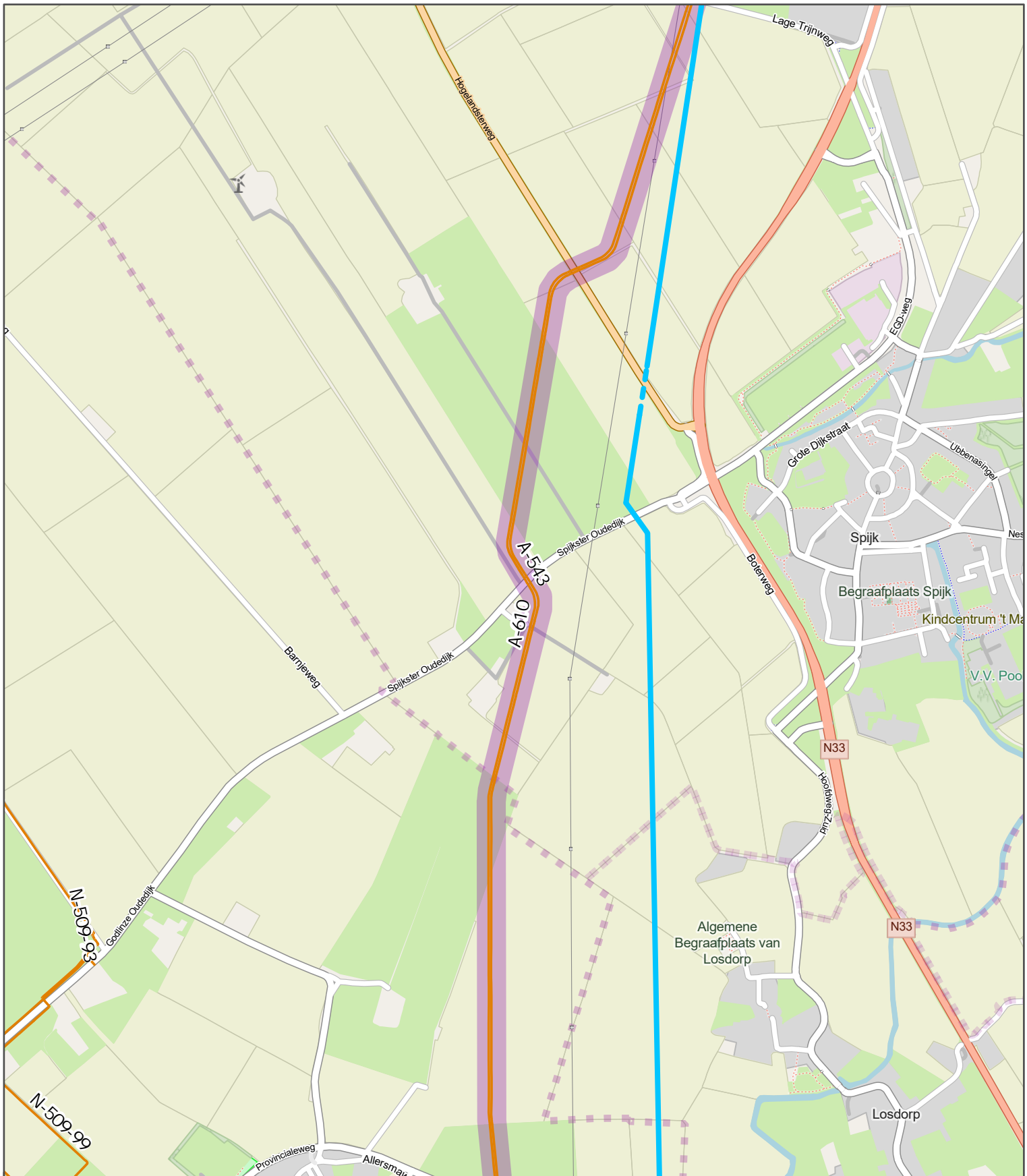
**ALTERNATIEF
WATERLEIDING
EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 2 / 9



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





Waterleiding (alternatief)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



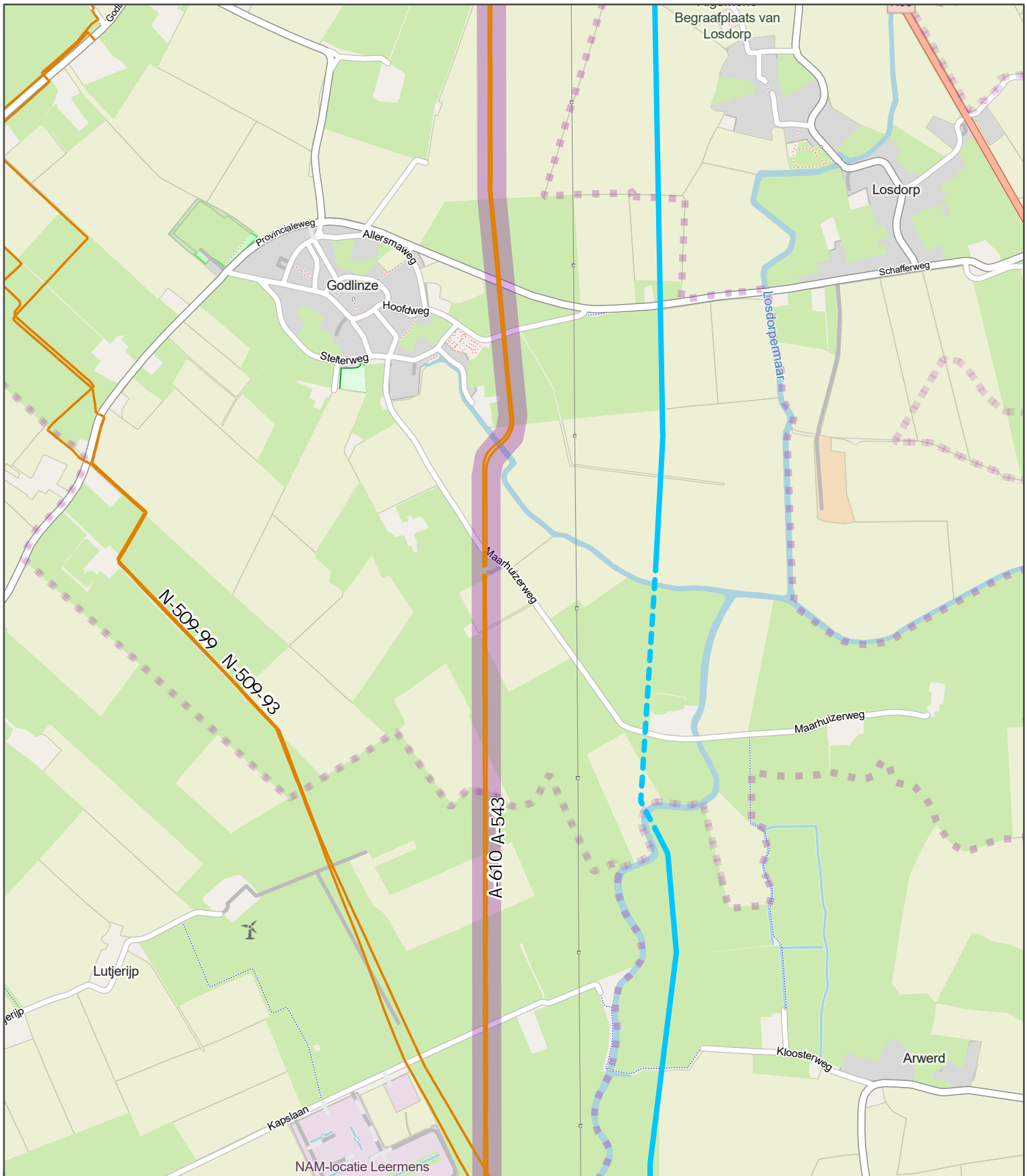
**ALTERNATIEF
WATERLEIDING
EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 3 / 9



DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000





Waterleiding (alternatief)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



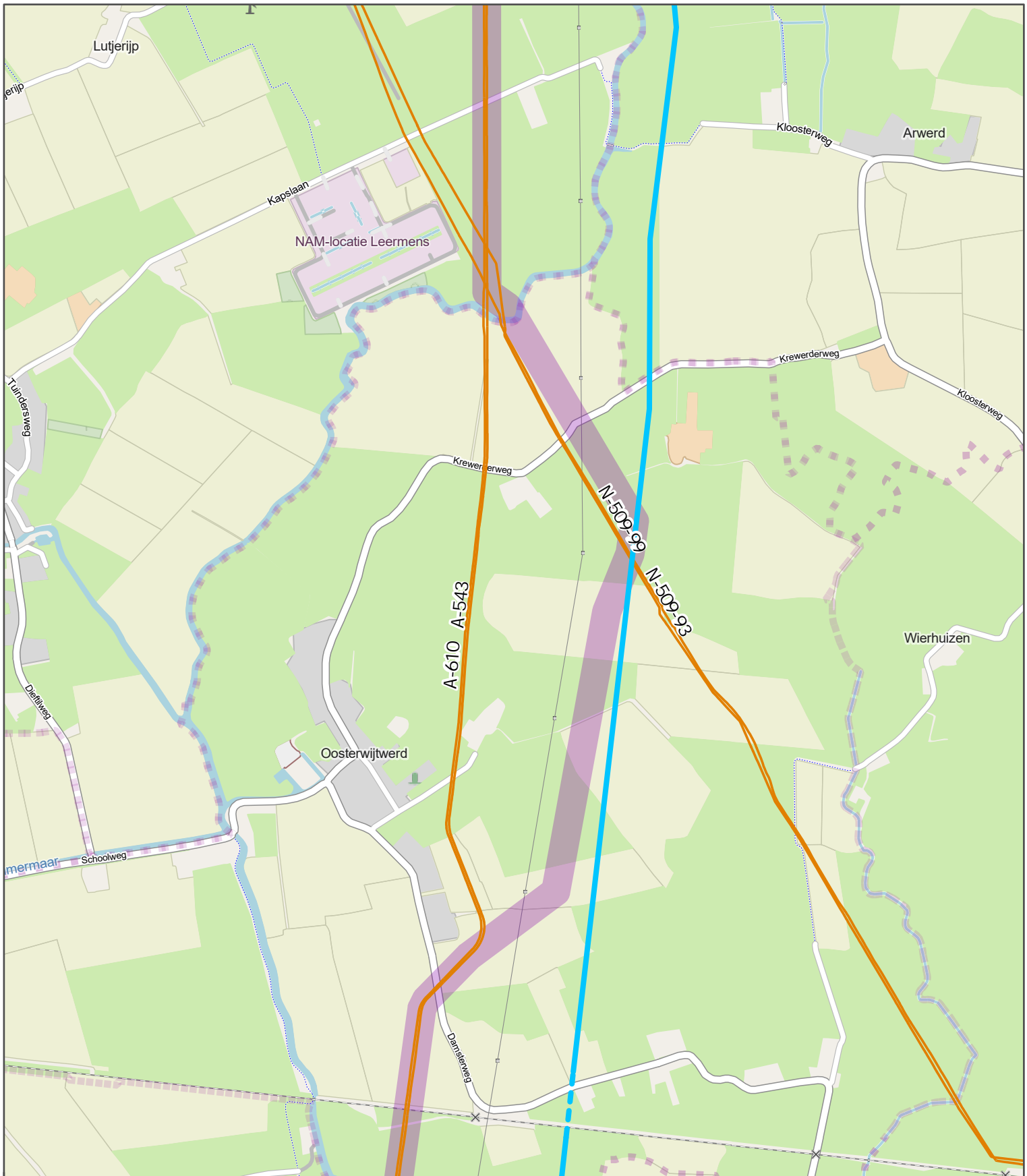
ALTERNATIEF WATERLEIDING
EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 4 / 9

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m +



Waterleiding (alternatief)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



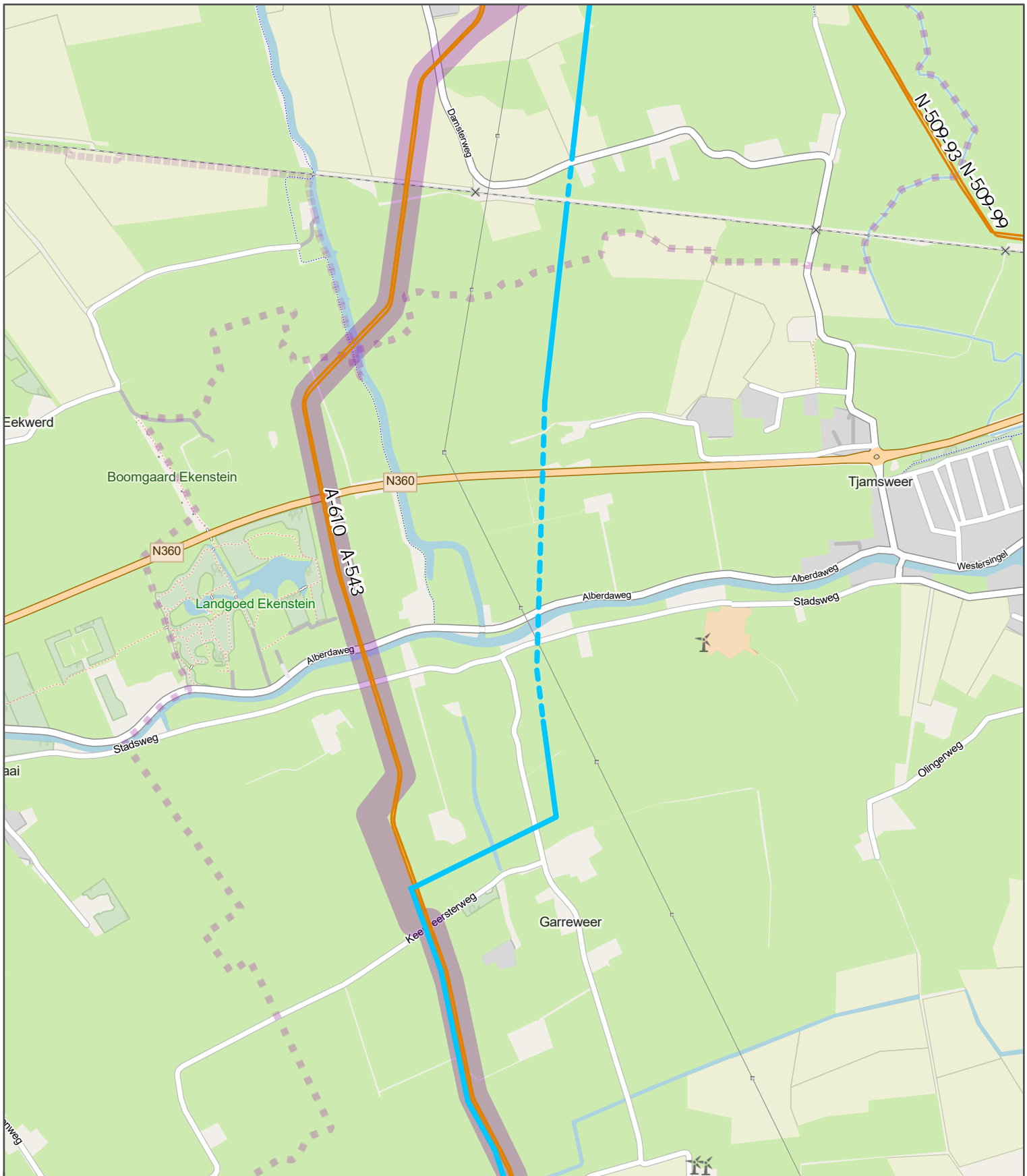
**ALTERNATIEF
WATERLEIDING
EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 5 / 9



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





Waterleiding (alternatief)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



**ALTERNATIEF
WATERLEIDING
EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 6 / 9



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





Waterleiding (alternatief)

- - - Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



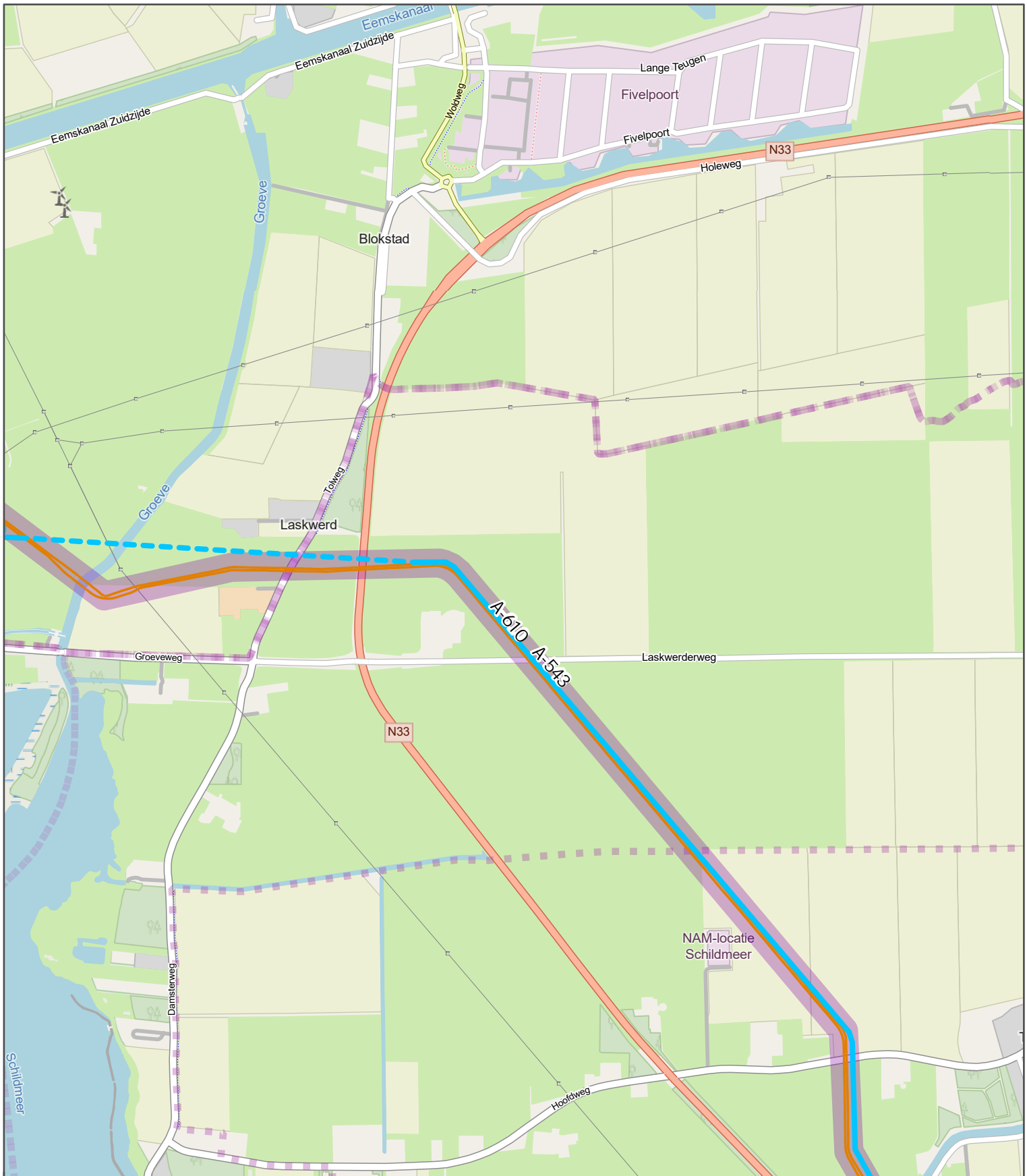
**ALTERNATIEF
WATERLEIDING
EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 7 / 9



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





Waterleiding (alternatief)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



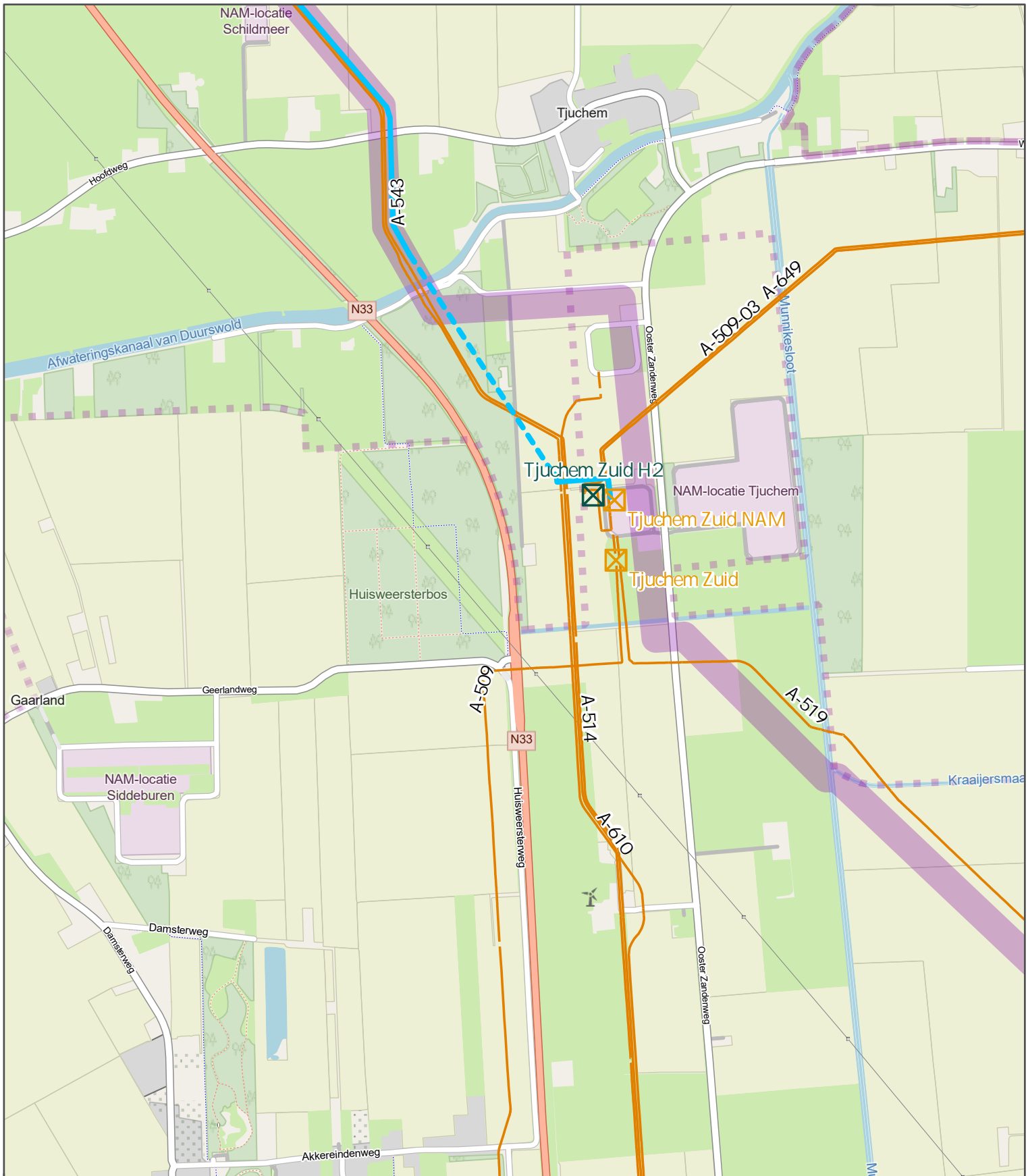
**ALTERNATIEF
WATERLEIDING
EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 8 / 9



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





Afsluiterlocaties

- Nieuw aan te leggen
- Ontkoppelen bestaand

Waterleiding (alternatief)

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



**ALTERNATIEF
WATERLEIDING
EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 9 / 9



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





Afsluiterlocaties

Nieuw aan te leggen

N33 (alternatief)

Aanlegmethode

Boring

Open of

Bestaande s

Bestaande

SVB-str



ALTERNATIEF N33

EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

PAGINANUMMER: 1 / 9

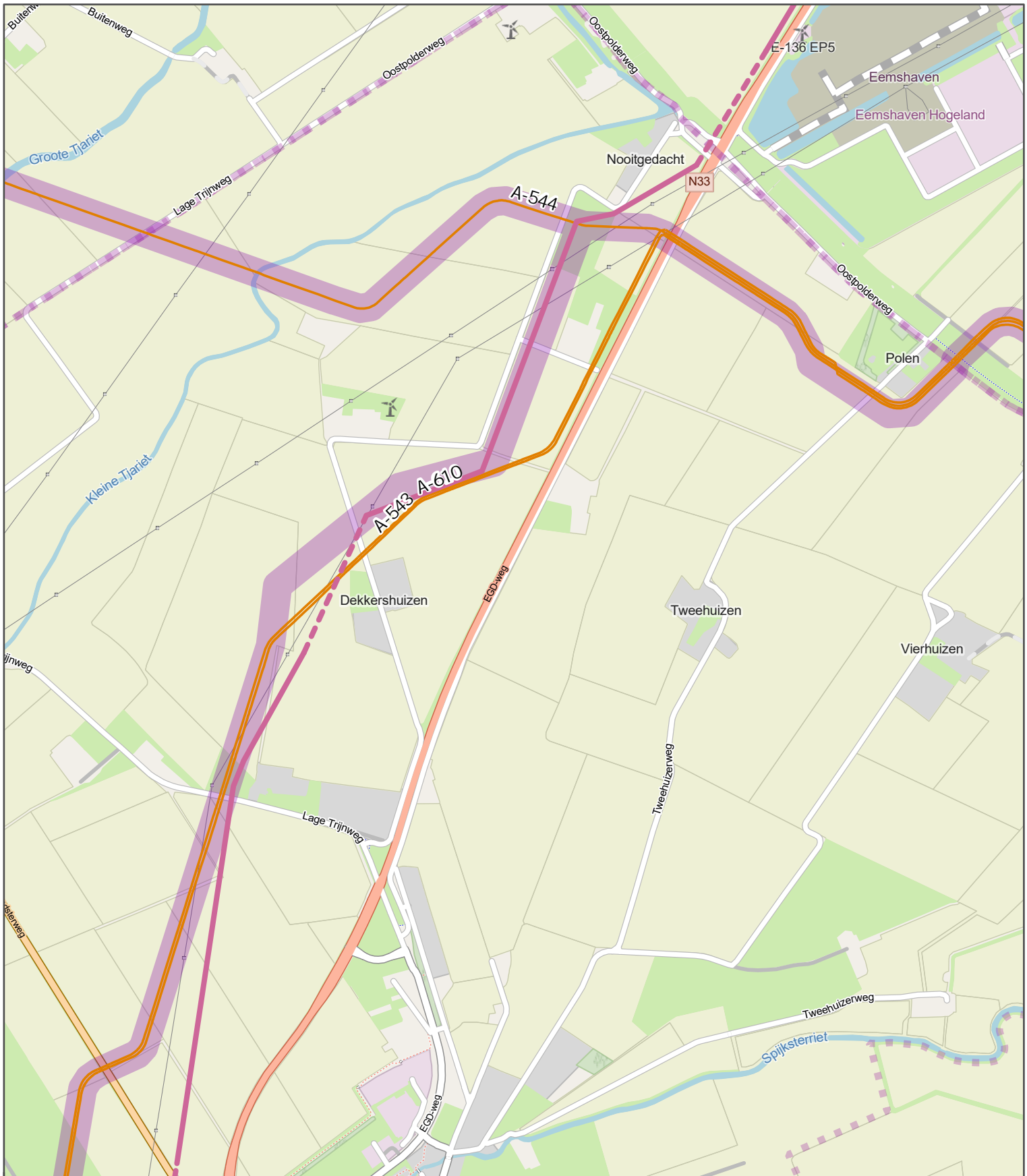


DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m





N33 (alternatief)

Aanlegmethode

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF N33

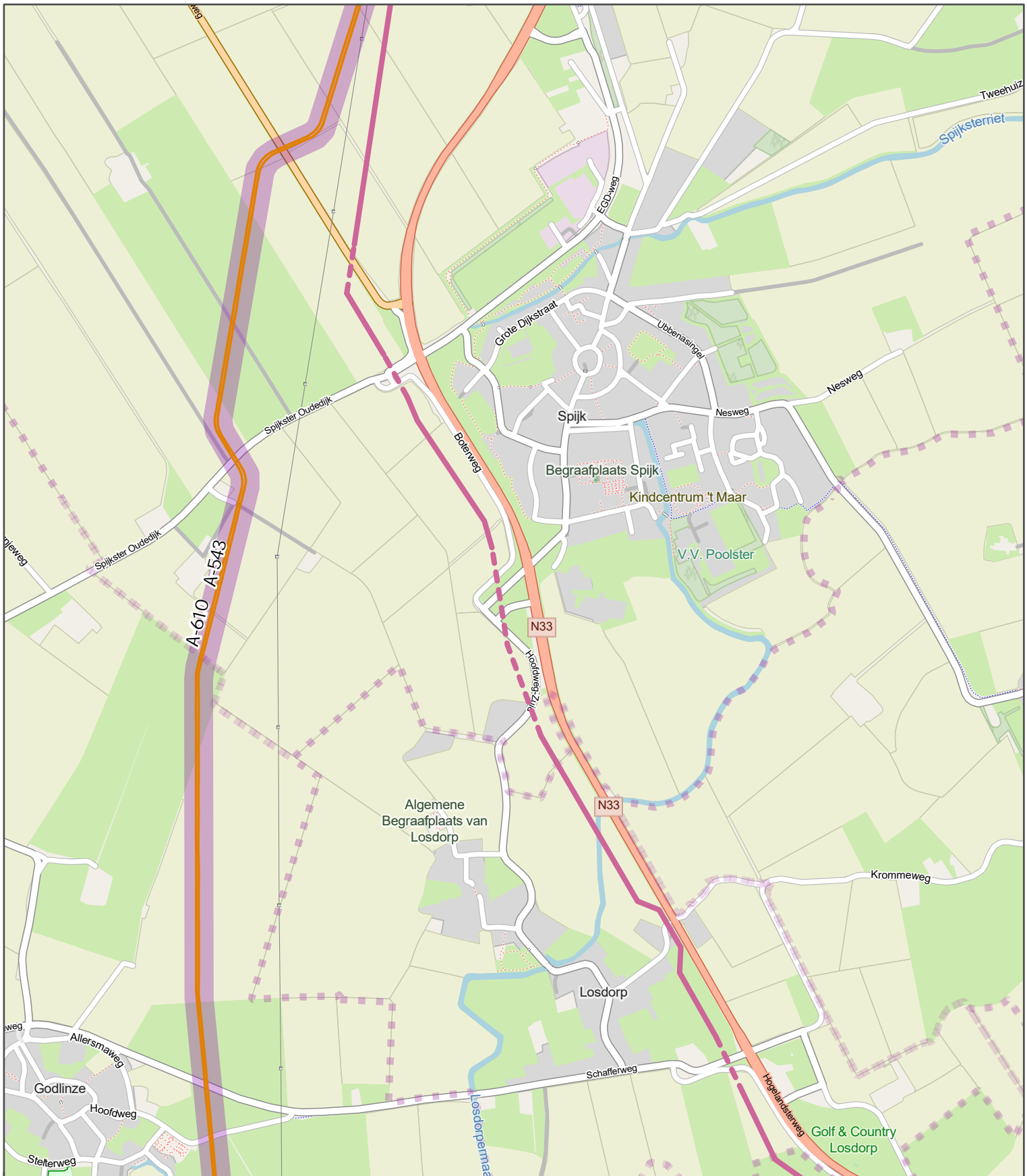
**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 2 / 9

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m



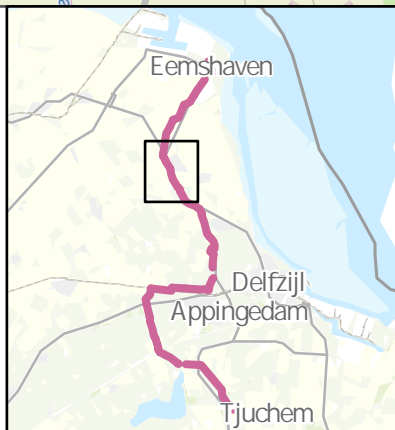
N33 (alternatief)

Aanlegmethode

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF N33

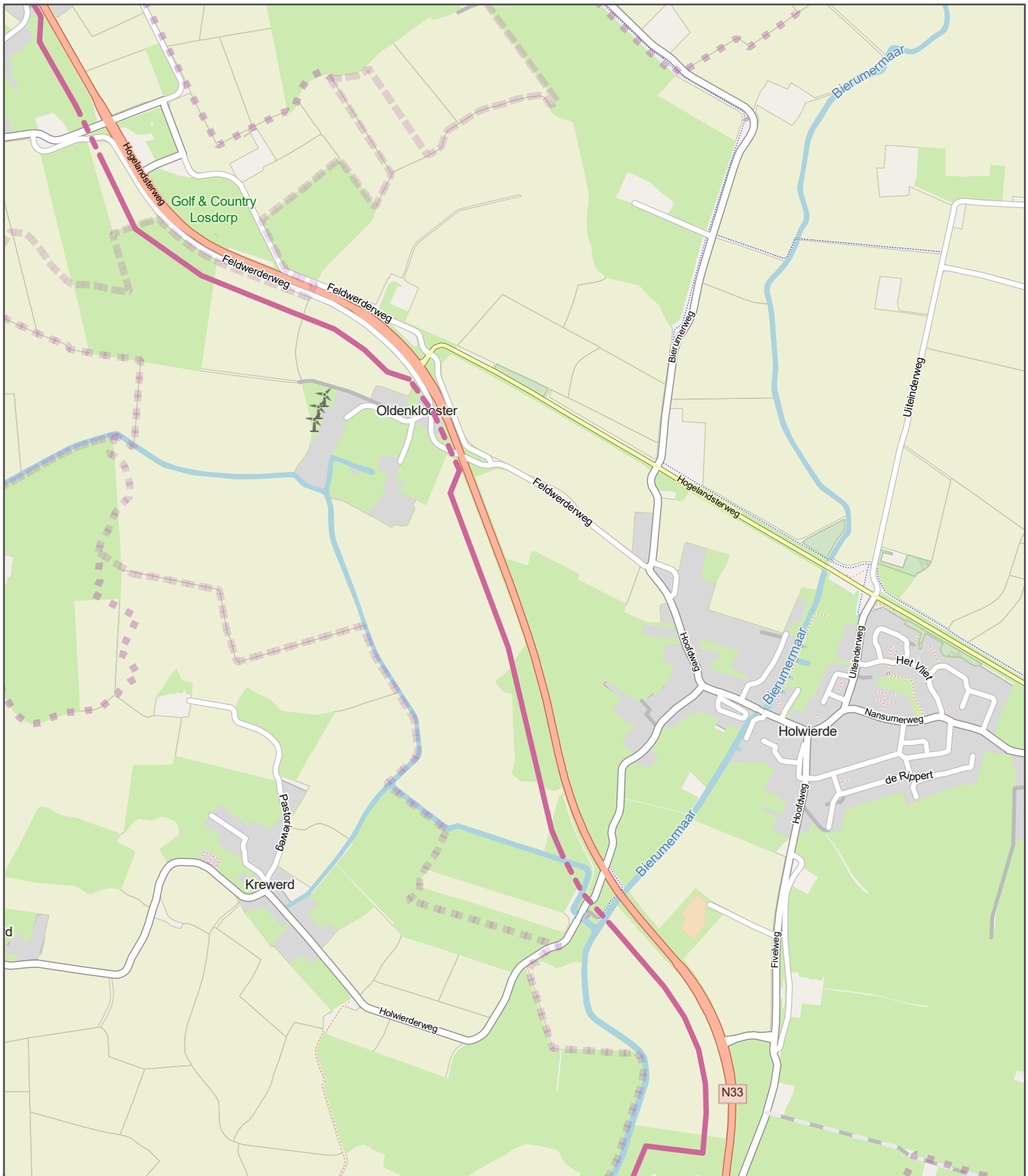
EEMSHAVEN - TJUCHEM WN GRONINGEN

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 3 / 9



DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000





N33 (alternatief)

Aanlegmethode

- Boring
- Open ontgraving



ALTERNATIEF N33

EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

PAGINANUMMER: 4 / 9

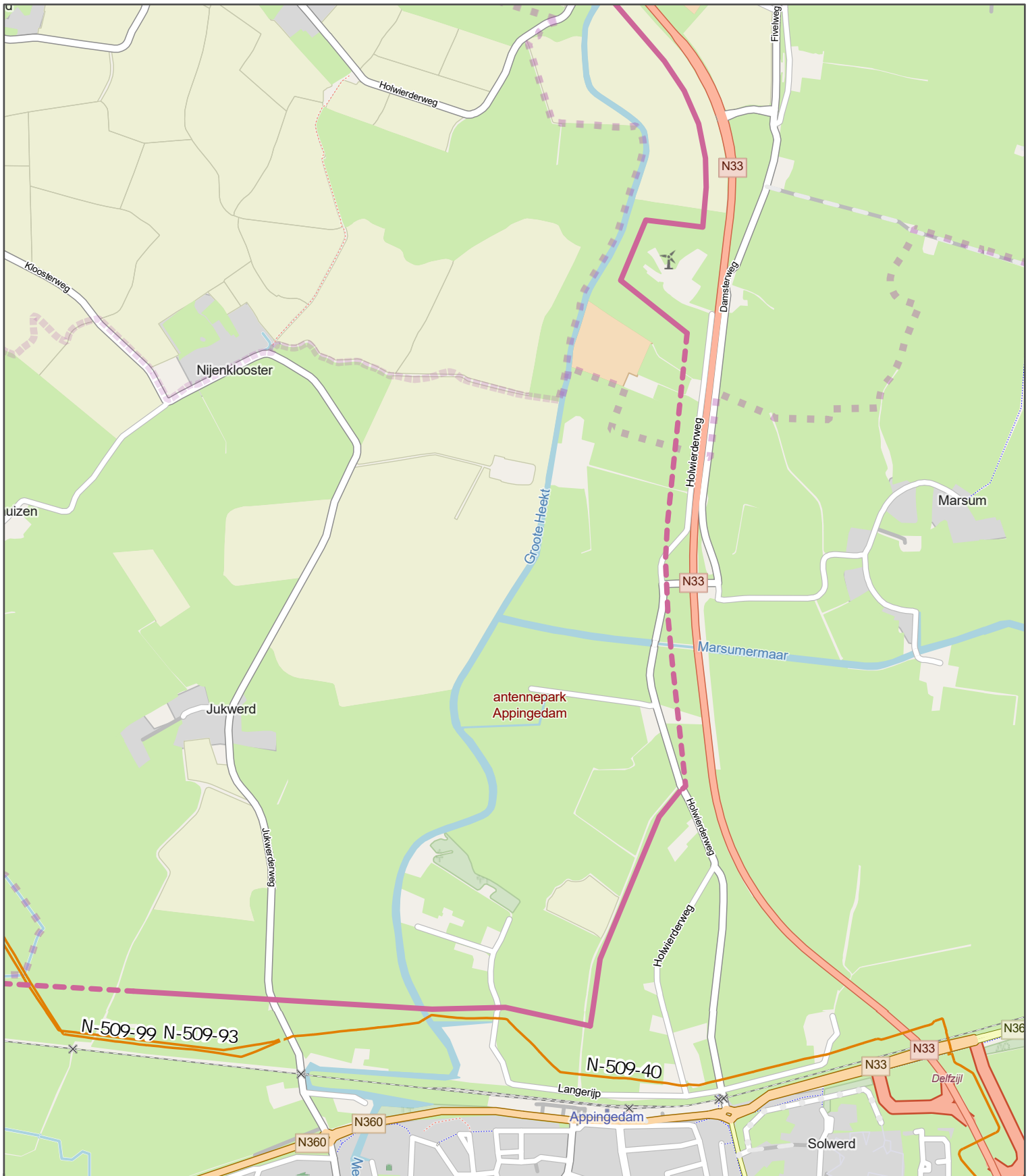
ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m





N33 (alternatief)

Aanlegmethode

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding



ALTERNATIEF N33

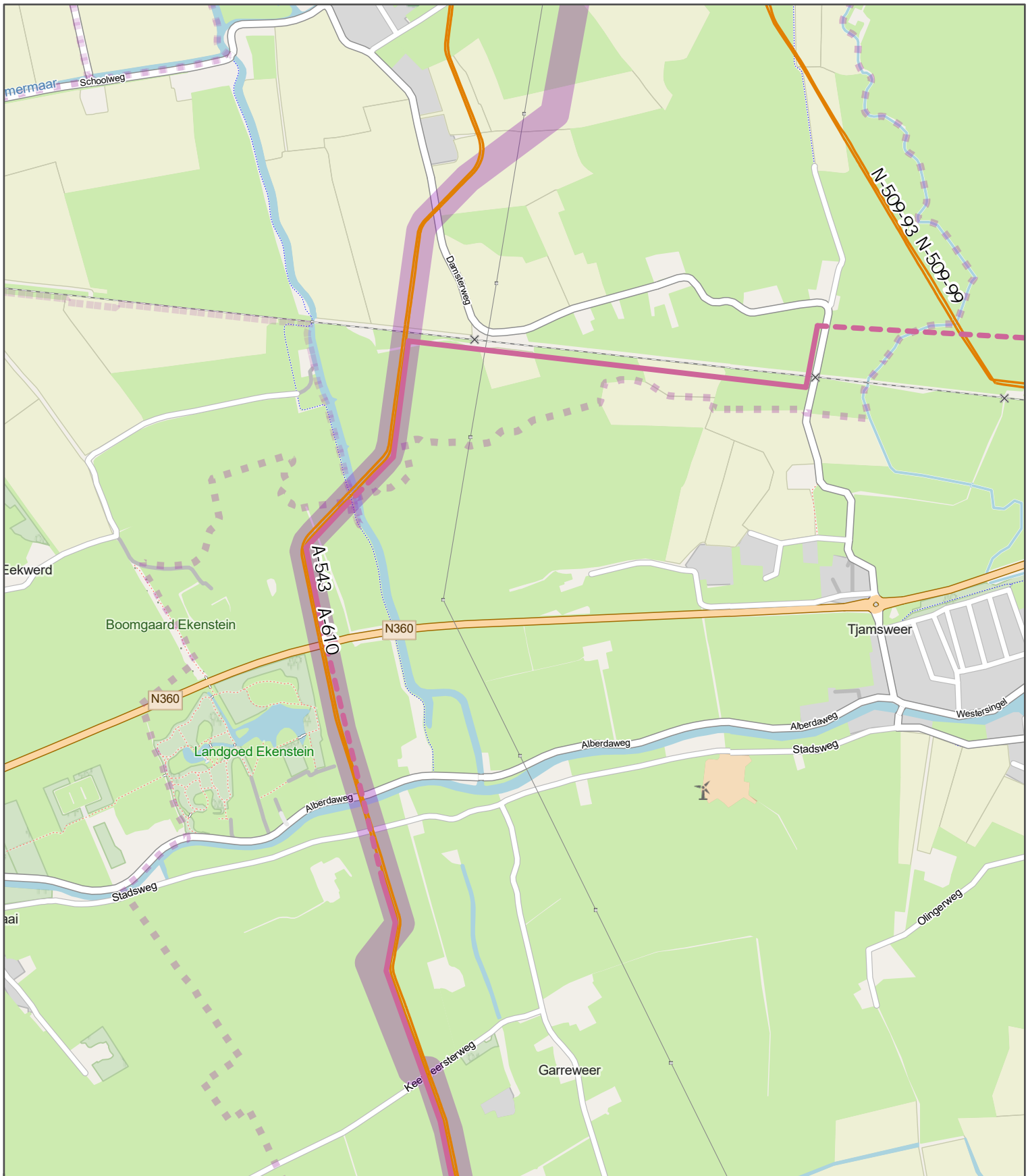
**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 5 / 9

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m +



N33 (alternatief)

Aanlegmethode

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF N33

EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 6 / 9



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





N33 (alternatief)

Aanlegmethode

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF N33

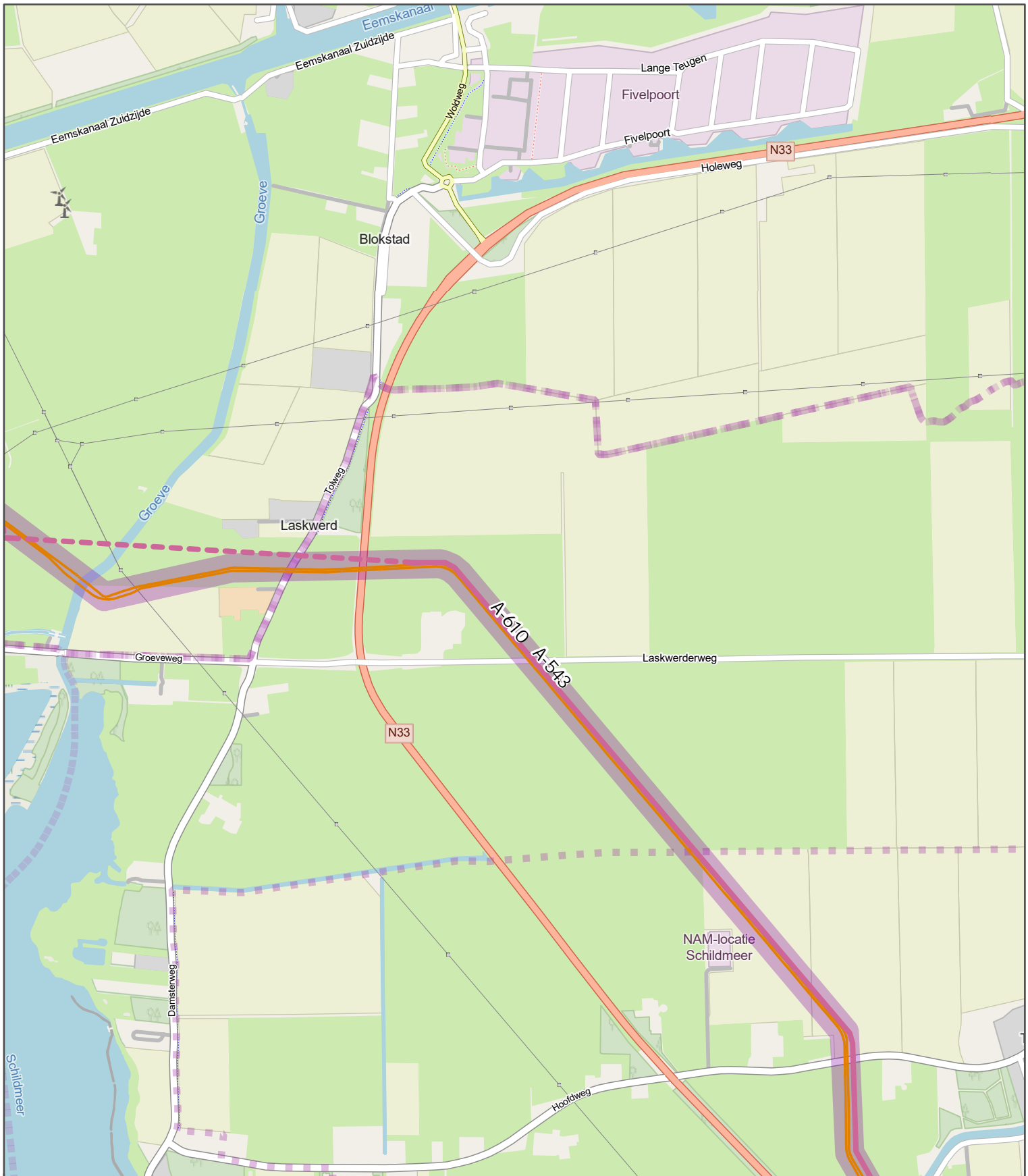
**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 7 / 9



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





N33 (alternatief)

Aanlegmethode

- Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF N33

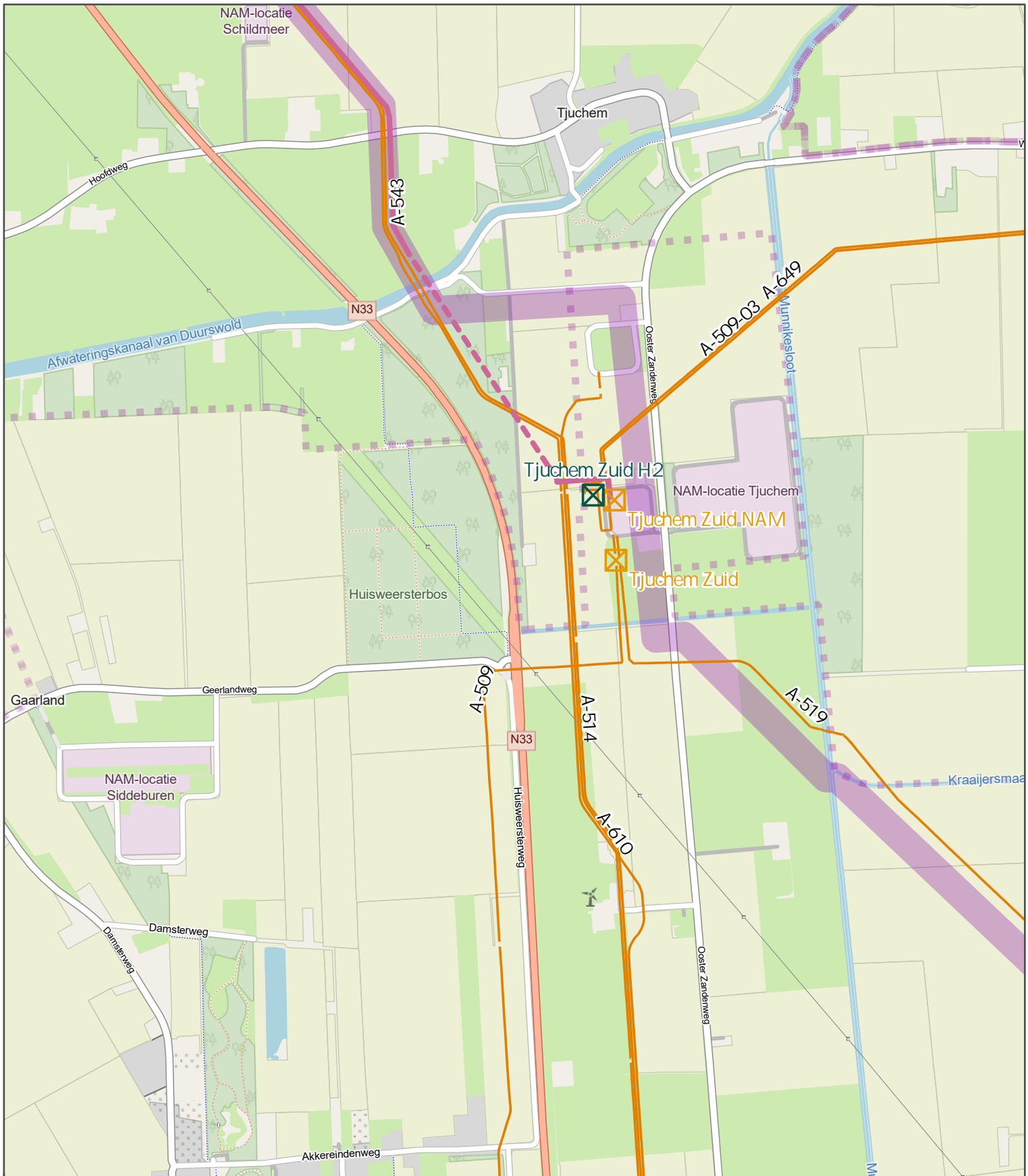
EEMSHAVEN - TJUCHEM WN GRONINGEN

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 8 / 9



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





Afsluiterlocaties

- Nieuw aan te leggen
- Ontkoppelen bestaand

N33 (alternatief)

Aanlegmethode

- Boring

Bestaande s

- Bestaand
- SVB-str



ALTERNATIEF N33

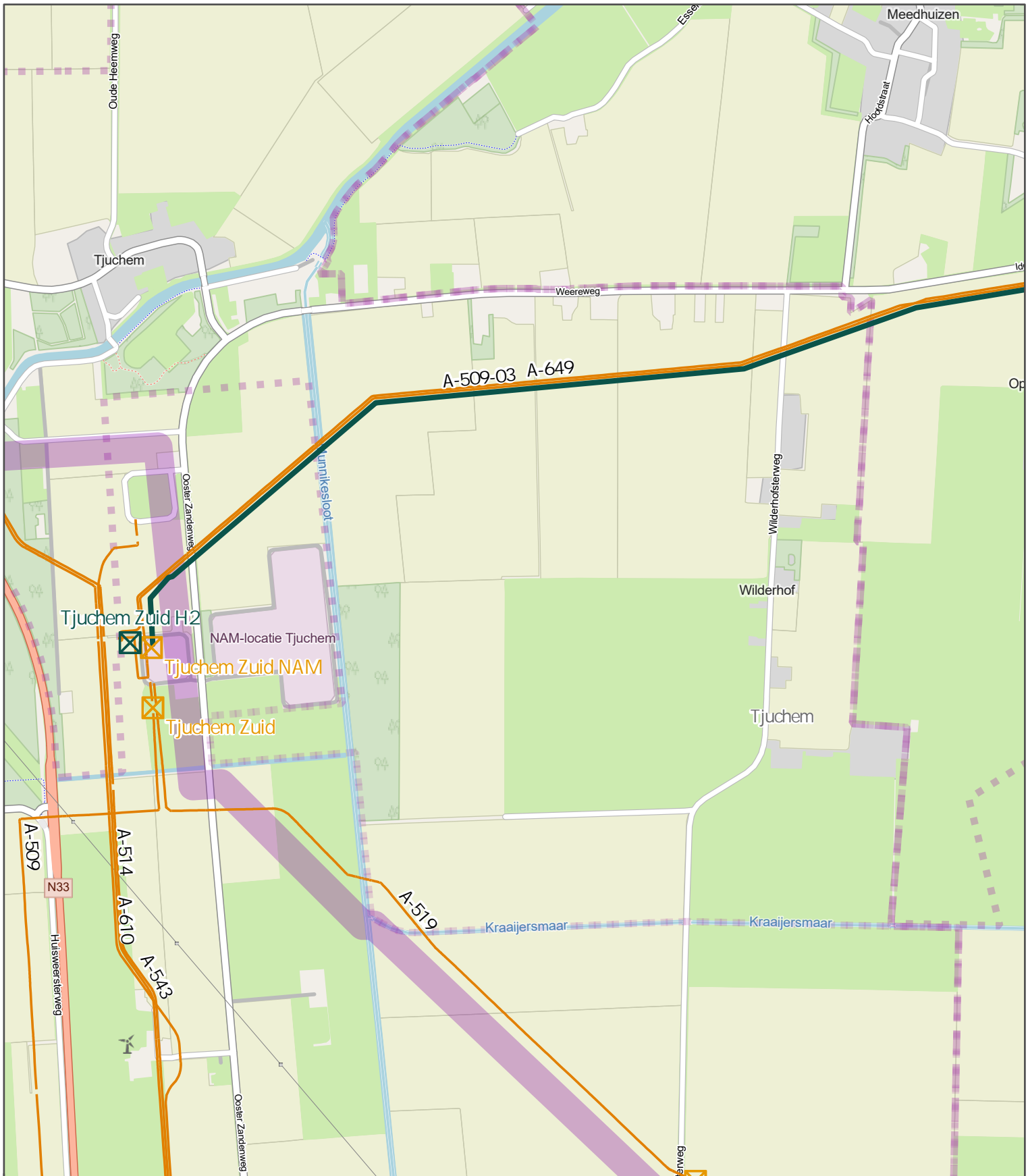
**EEMSHAVEN - TJUCHEM
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 9 / 9

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000


0 140 280 420 560m





Afsluiterlocaties

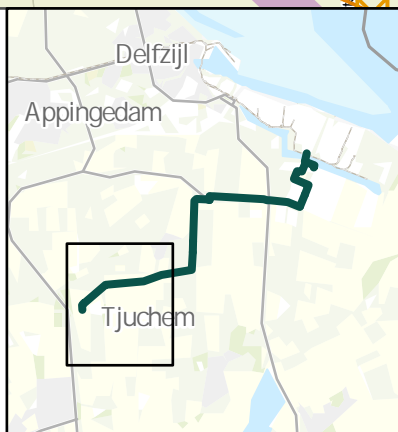
-  Nieuwaan te leggen
-  Ontkoppelen bestaand

Basis (nieuw)

 Open ontgraving

Bestaande situatie

-  Bestaande aardgasleiding
-  SVB-strook



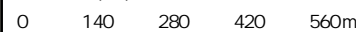
ALTERNATIEF BASIS

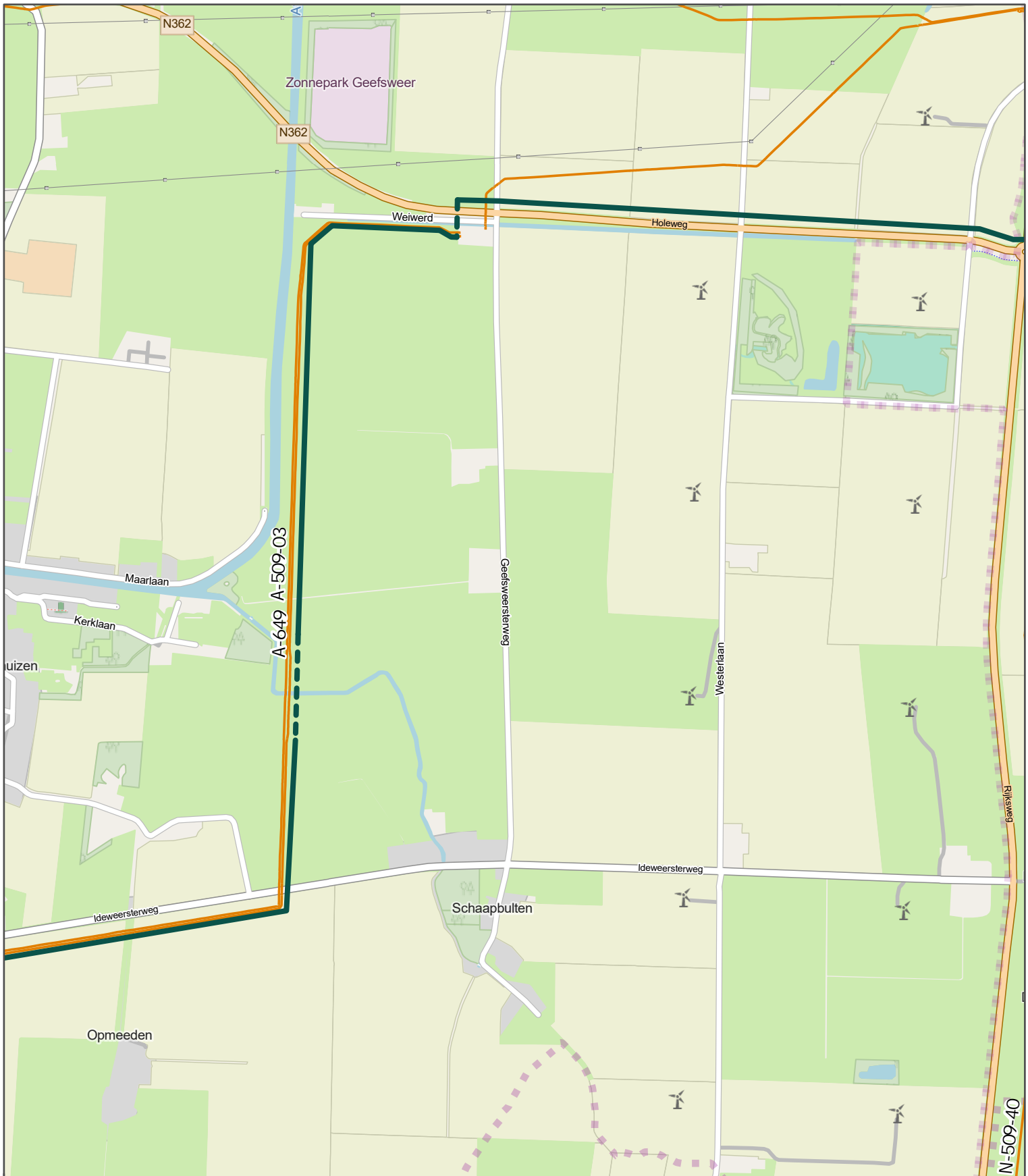
**TJUCHEM - DELFZIJL
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 1 / 3



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000



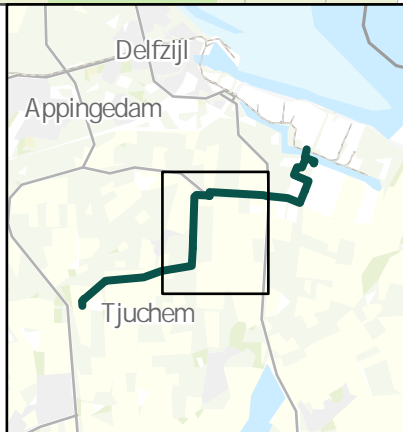


Basis (nieuw)

- - - Boring
- Open ontgraving

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding



ALTERNATIEF BASIS

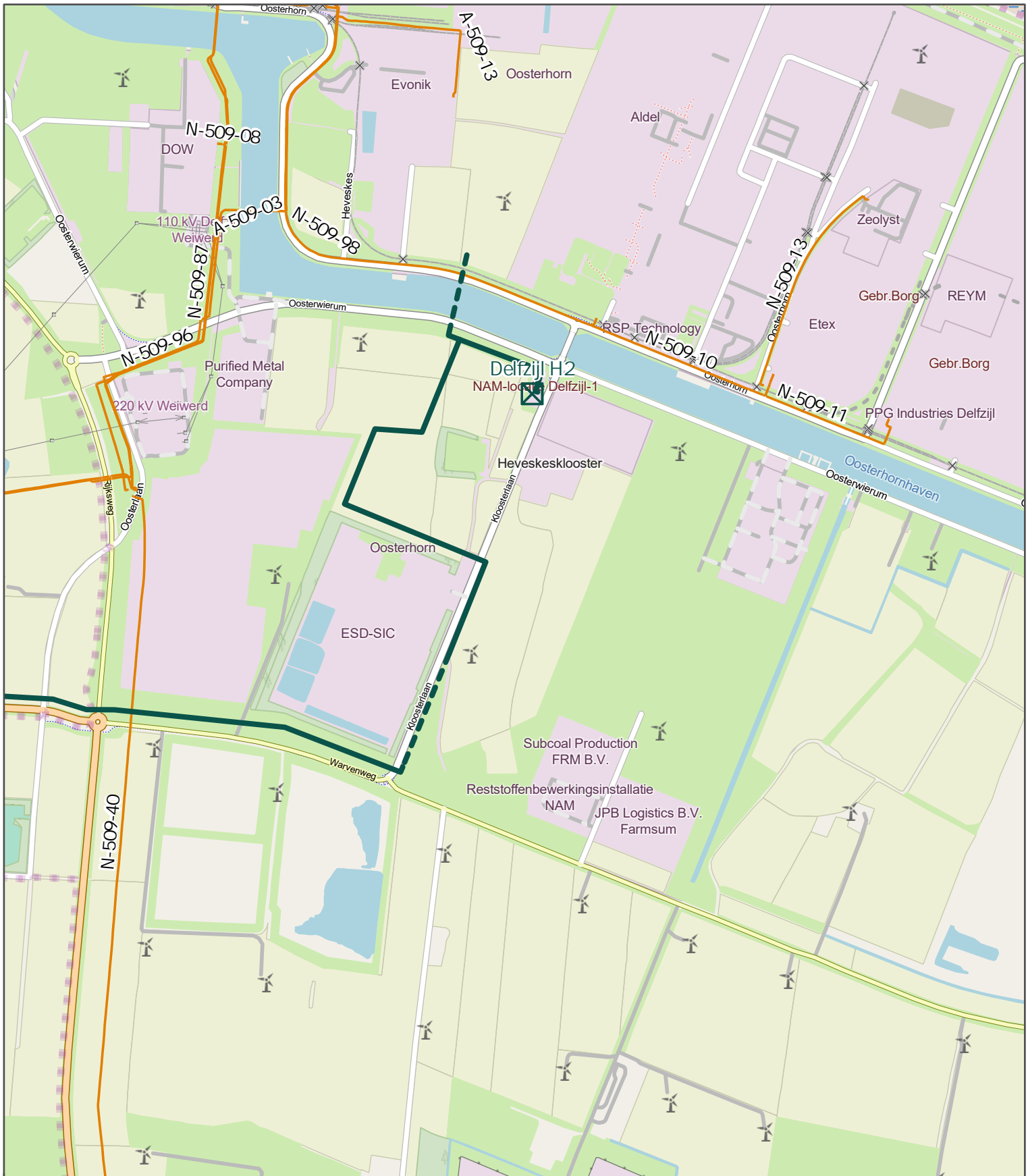
**TJUCHEM - DELFZIJL
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 2 / 3

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m



Afsluiterlocaties

Nieuwaan te leggen

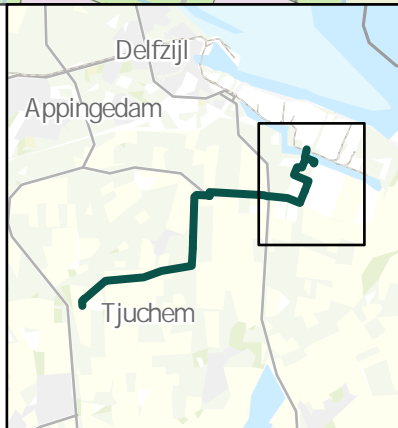
Basis (nieuw)

Boring

Open ontgraving

Bestaande situatie

Bestaande aardgasleiding



ALTERNATIEF BASIS

**TJUCHEM - DELFZIJL
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

PAGINANUMMER: 3 / 3

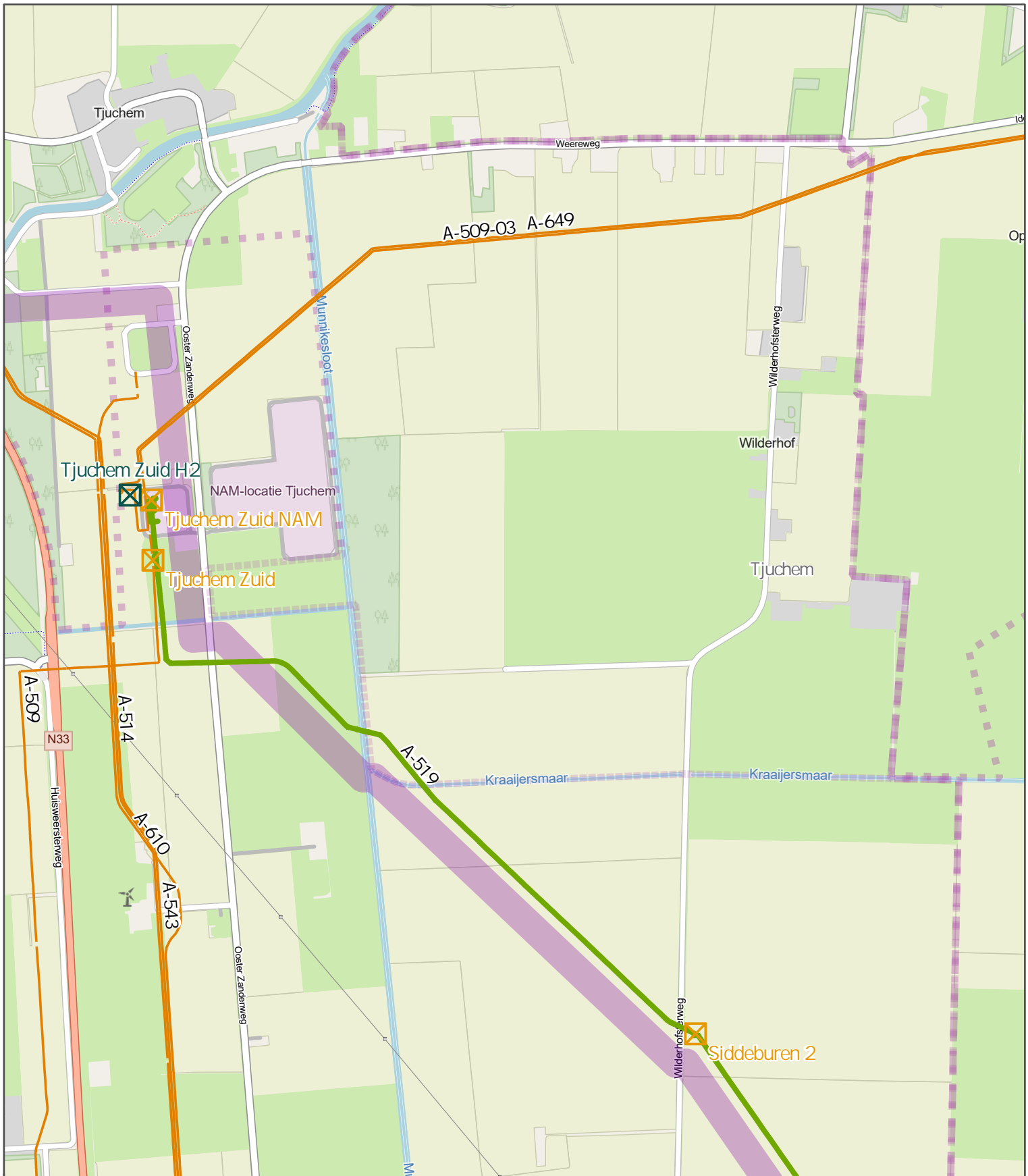


DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m






Afsluiterlocaties

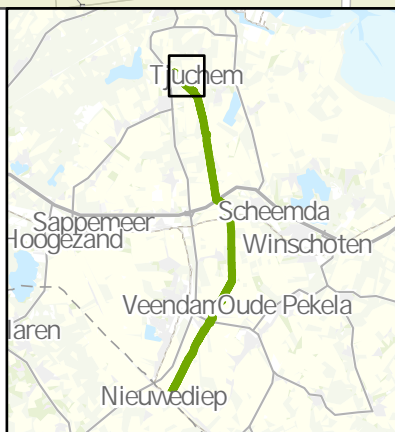
-  Nieuw aan te leggen
-  Ontkoppelen bestaand

Basis (hergebruik)

-  Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

-  Bestaande aardgasleiding
-  SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

**TJUCHEM - NIEUWEDIEP
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 1 / 11



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





Afsluiterlocaties

Ontkoppelen bestaand

Basis (hergebruik)

Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

Bestaande aardgasleiding

SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

**TJUCHEM - NIEUWEDIEP
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

PAGINANUMMER: 2 / 11



DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m





Afsluiterlocaties

 Ontkoppelen bestaand

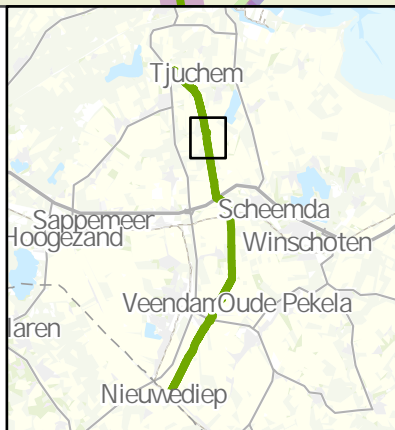
Basis (hergebruik)

 Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

 Bestaande aardgasleiding

 SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

**TJUCHEM - NIEUWEDIEP
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

PAGINANUMMER: 3 / 11

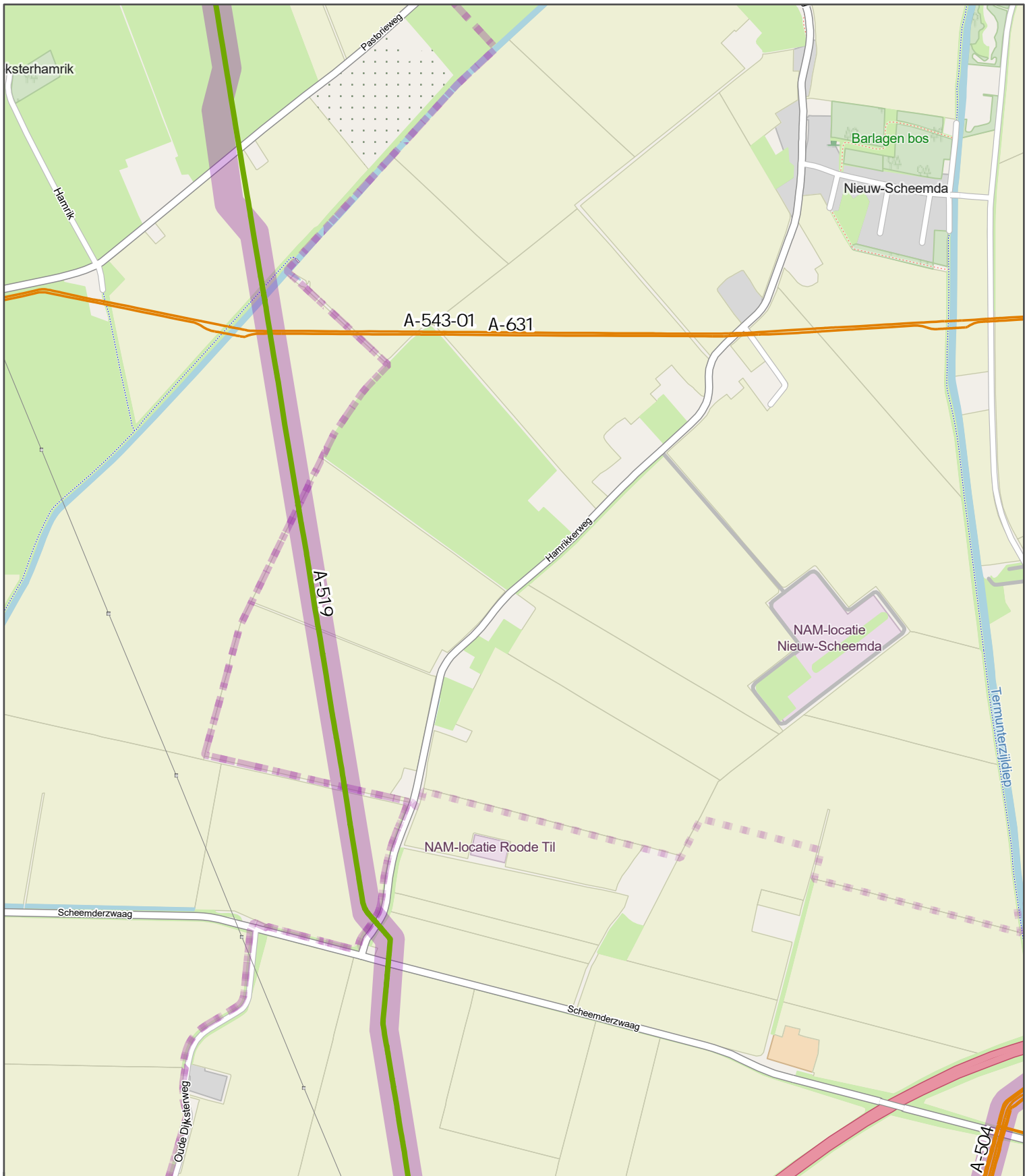


DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m





Basis (hergebruik)

- Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

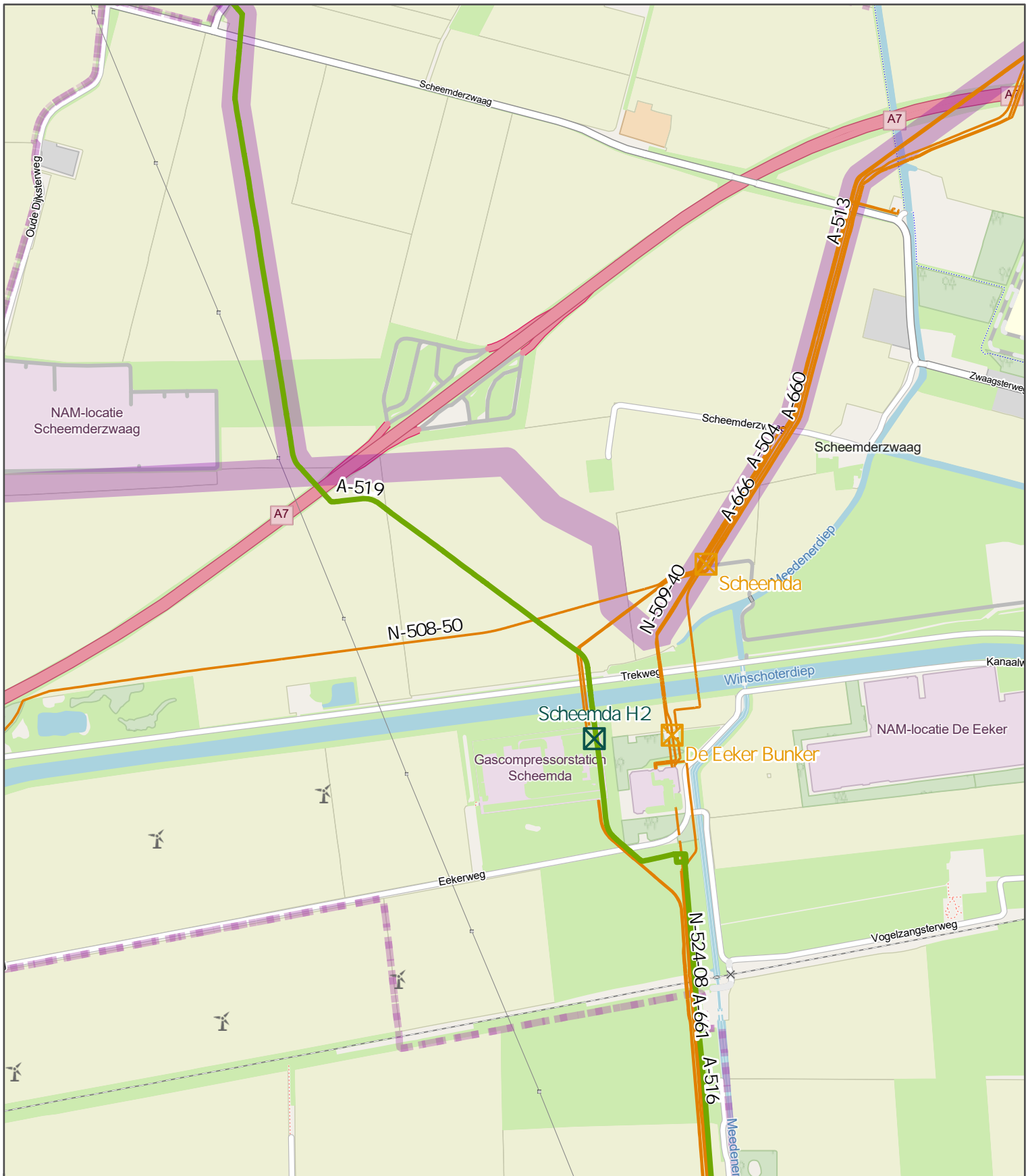
**TJUCHEM - NIEUWEDIEP
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 4 / 11

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m



Afsluiterlocaties

-  Nieuwaan te leggen
-  Ontkoppelen bestaand

Basis (hergebruik)

-  Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

-  Bestaande aardgasleiding
-  SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

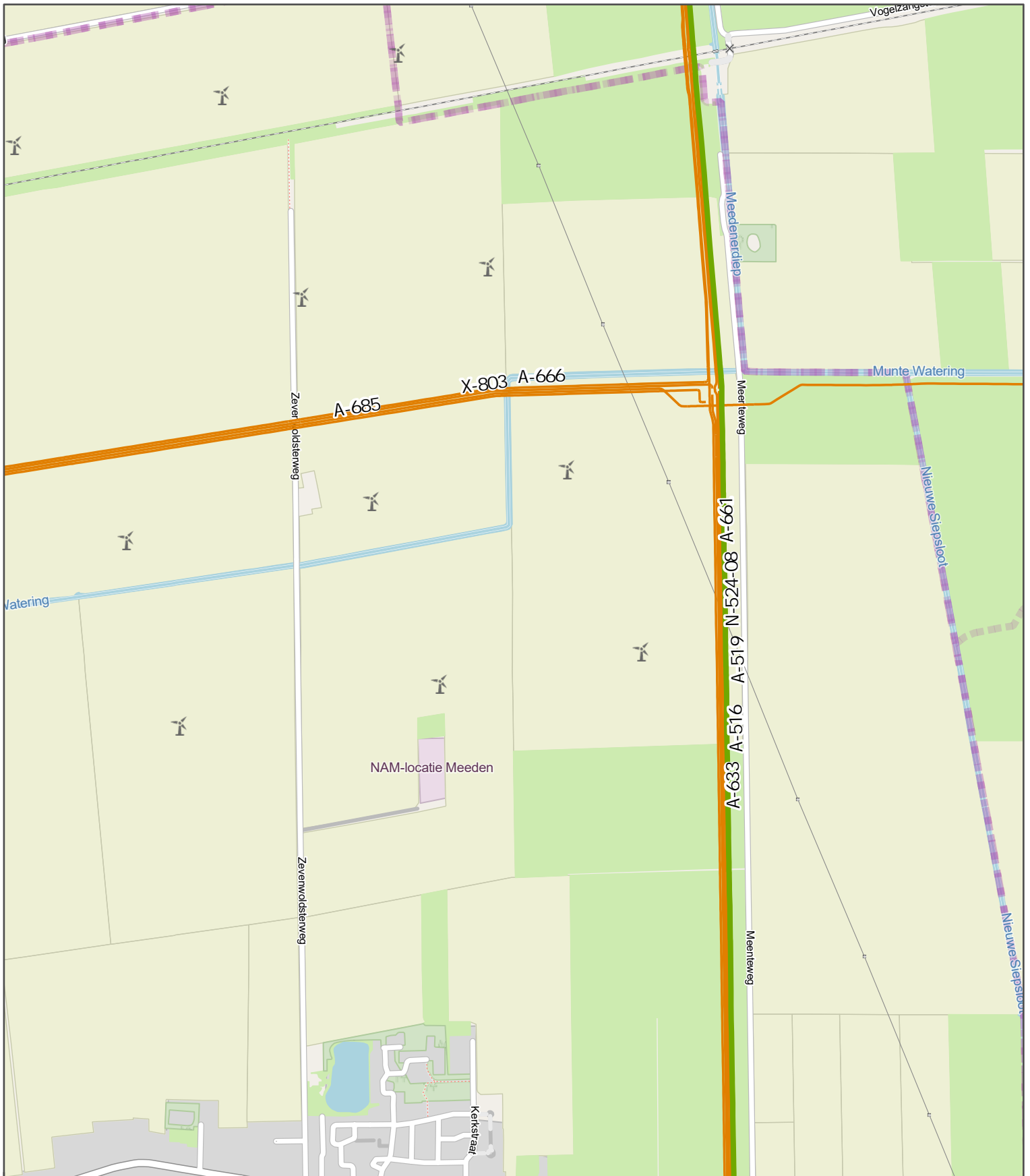
**TJUCHEM - NIEUWEDIEP
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 5 / 11



DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000





Basis (hergebruik)

- Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding



ALTERNATIEF BASIS

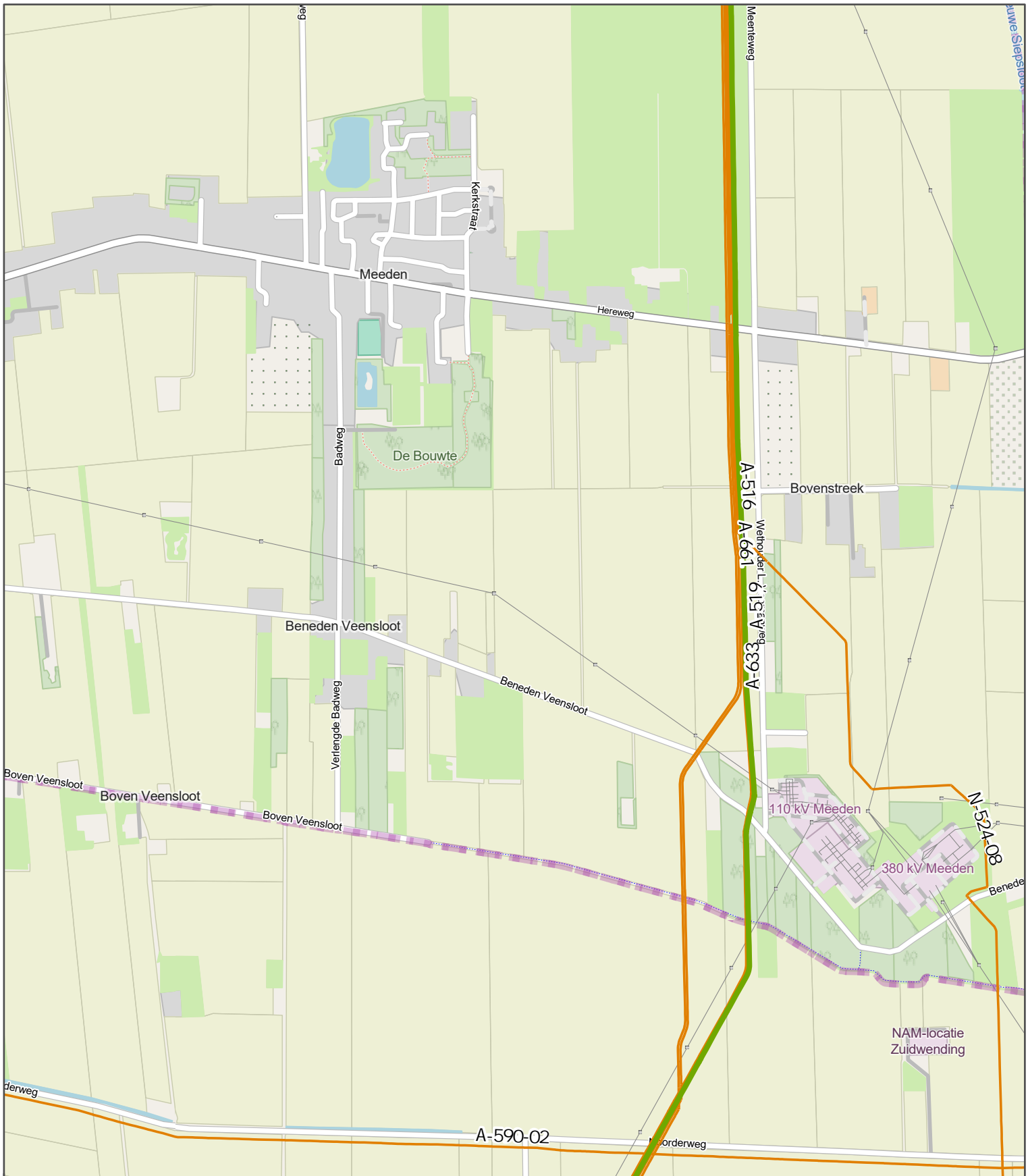
**TJUCHEM - NIEUWEDIJEP
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 6 / 11

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m



ALTERNATIEF BASIS

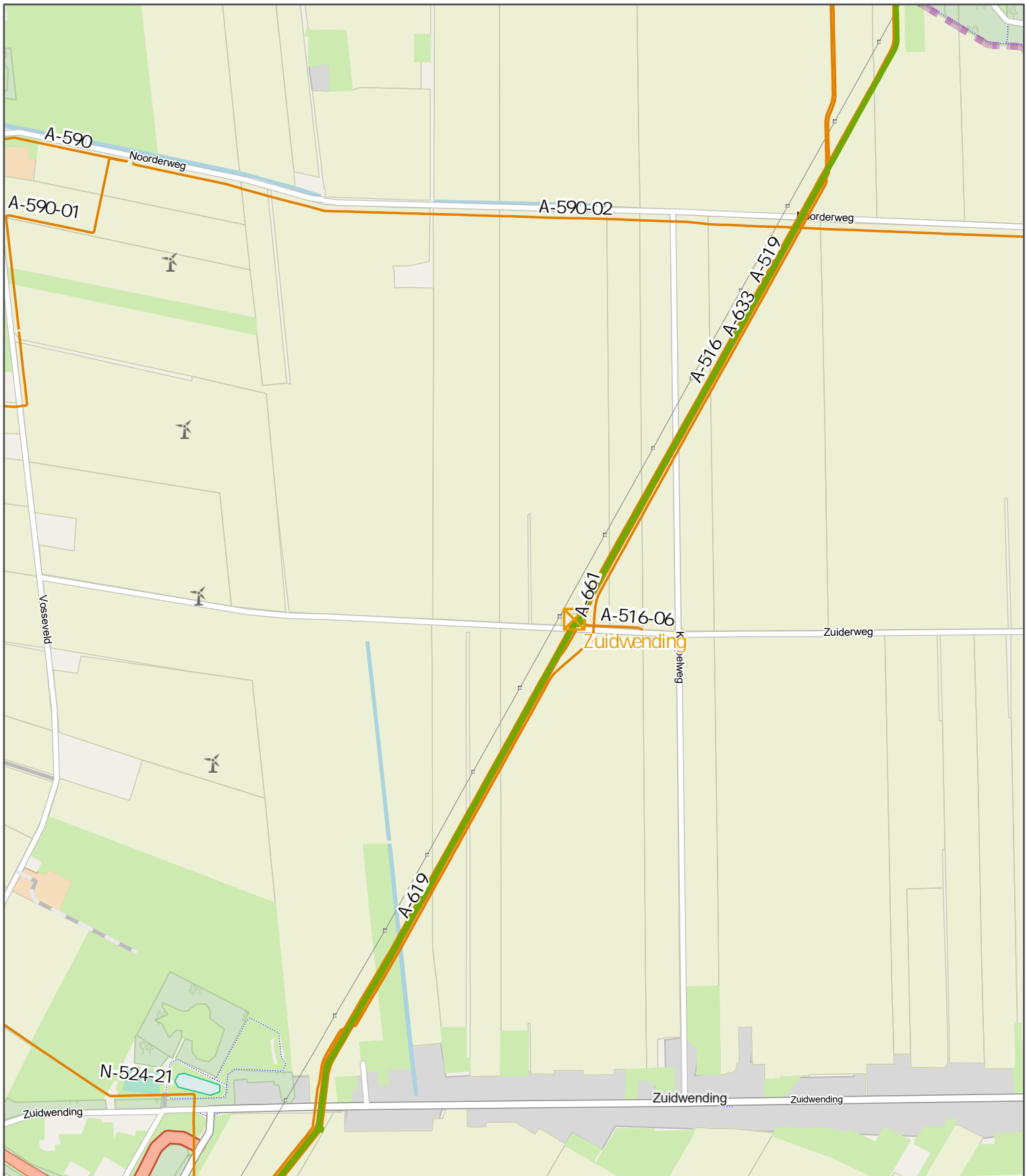
**TJUCHEM - NIEUWEDIEP
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 7 / 11

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m



Afsluiterlocaties

Ontkoppelen bestaand

Basis (hergebruik)

Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

Bestaande aardgasleiding



ALTERNATIEF BASIS

**TJUCHEM - NIEUWEDIEP
WN GRONINGEN**

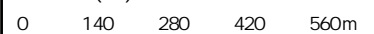
OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

PAGINANUMMER: 8 / 11



DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000






Afsluiterlocaties

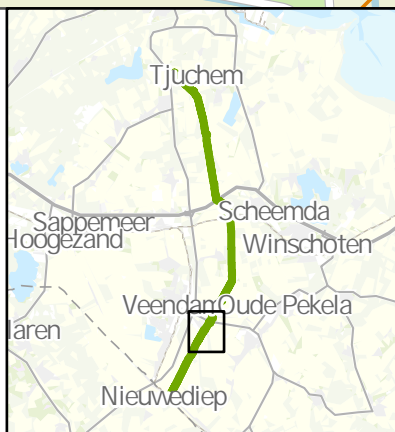
-  Nieuwaan te leggen
-  Ontkoppelen bestaand

Basis (hergebruik)

 Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

 Bestaande aardgasleiding



ALTERNATIEF BASIS

**TJUCHEM - NIEUWEDIEP
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 9 / 11



DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000





Basis (hergebruik)

— Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

— Bestaande aardgasleiding



ALTERNATIEF BASIS

**TJUCHEM - NIEUWEDIJEP
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

PAGINANUMMER: 10 / 11



DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m





Afsluiterlocaties

Ontkoppelen bestaand

Basis (hergebruik)

Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

Bestaande aardgasleiding



ALTERNATIEF BASIS

**TJUCHEM - NIEUWEDIEP
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

PAGINANUMMER: 11 / 11

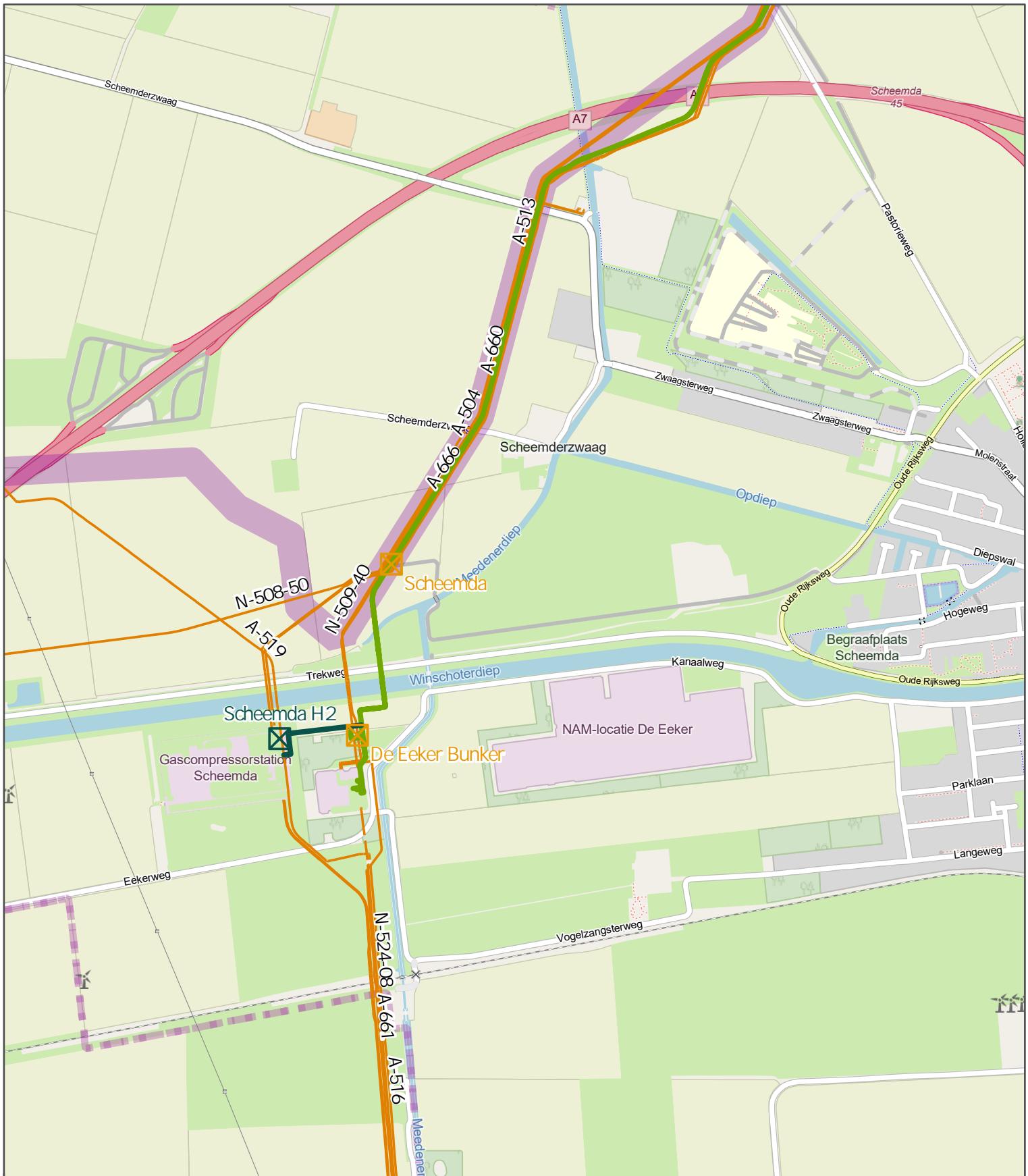


DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m





Afsluiterlocaties

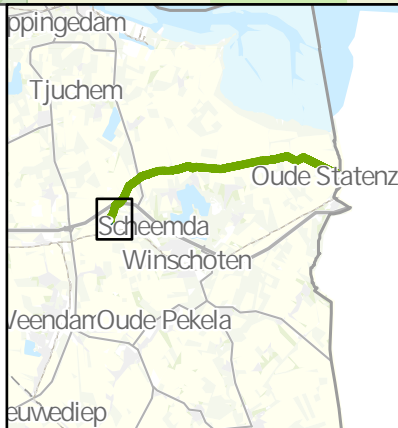
-  Nieuw aan te leggen
-  Ontkoppelen bestaand

Basis (nieuw)

-  Open ontgraving
-  Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

-  Bestaande aardgasleiding
-  SVB-strook



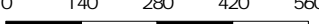
ALTERNATIEF BASIS

**SCHEEMDA-OUDE STATENZIJL
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 1 / 8

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m 



Afsluiterlocaties

Ontkoppelen bestaand

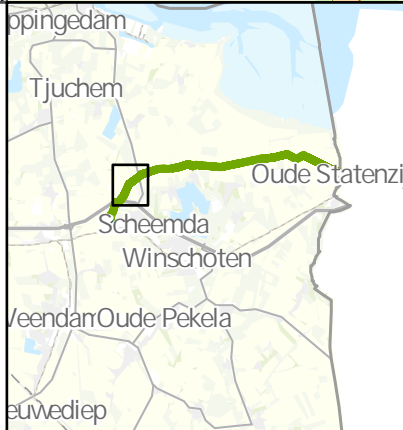
Basis (hergebruik)

Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

Bestaande aardgasleiding

SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

**SCHEEMDA-OUDE STATENZIJL
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

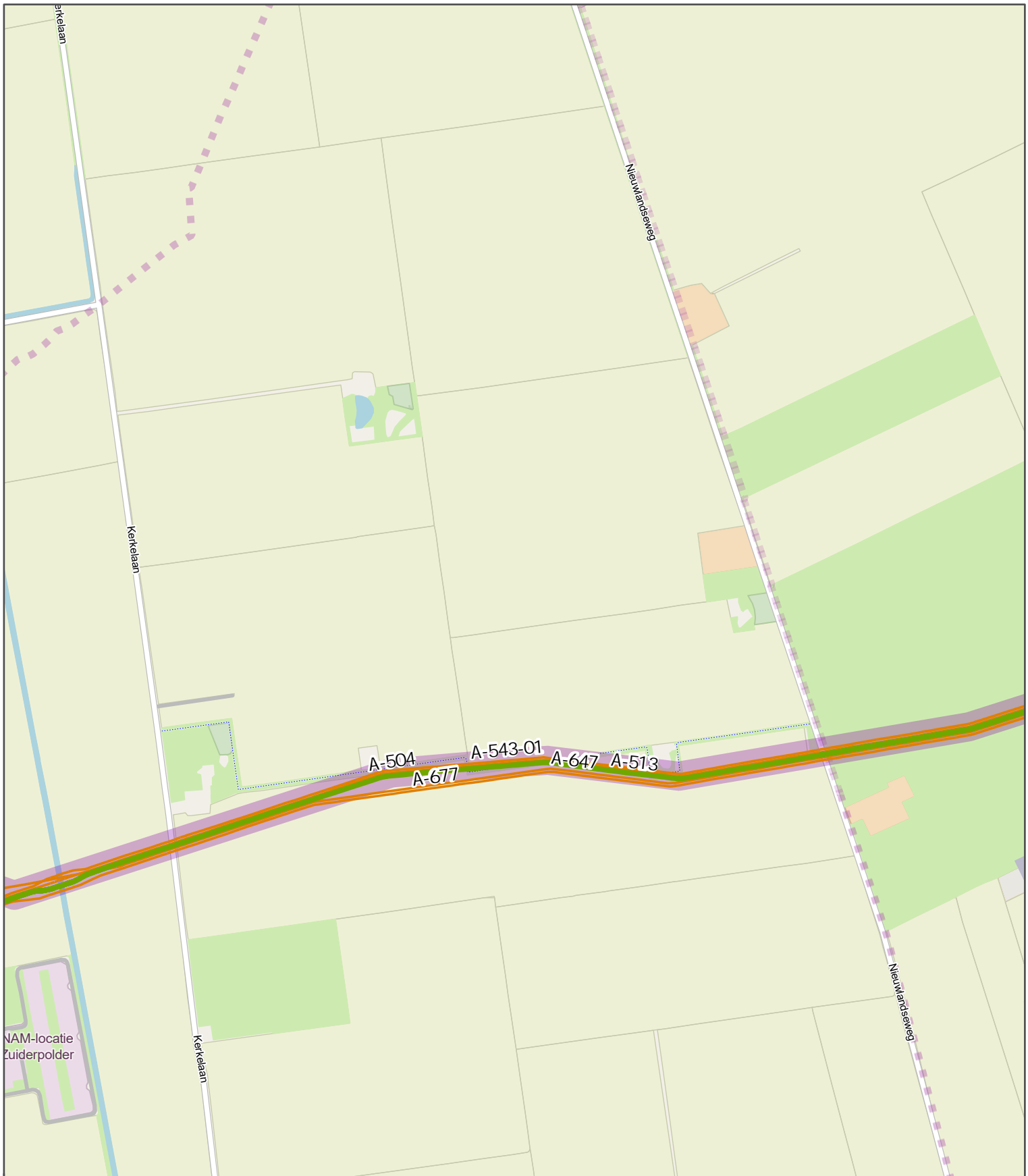
PAGINANUMMER: 2 / 8

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m

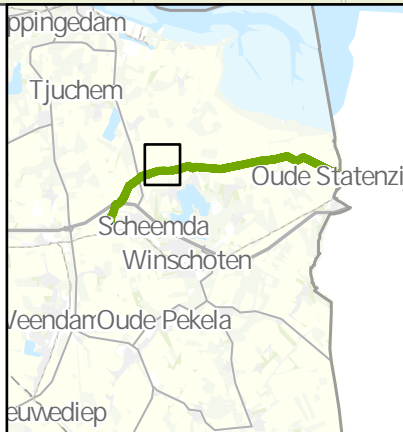


Basis (hergebruik)

- Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

SCHEEMDA-OUDE STATENZIJL WN GRONINGEN

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 3 / 8

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m



Afsluiterlocaties

Ontkoppelen bestaand

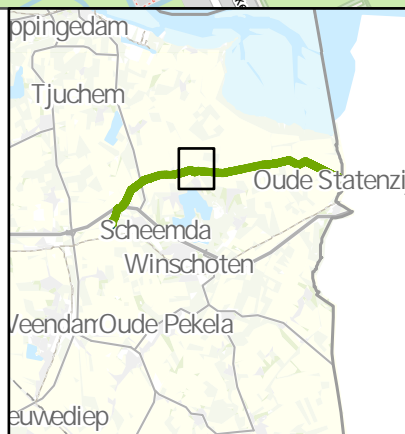
Basis (hergebruik)

Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

Bestaande aardgasleiding

SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

**SCHEEMDA-OUDE STATENZIJL
WN GRONINGEN**

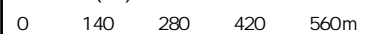
OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.

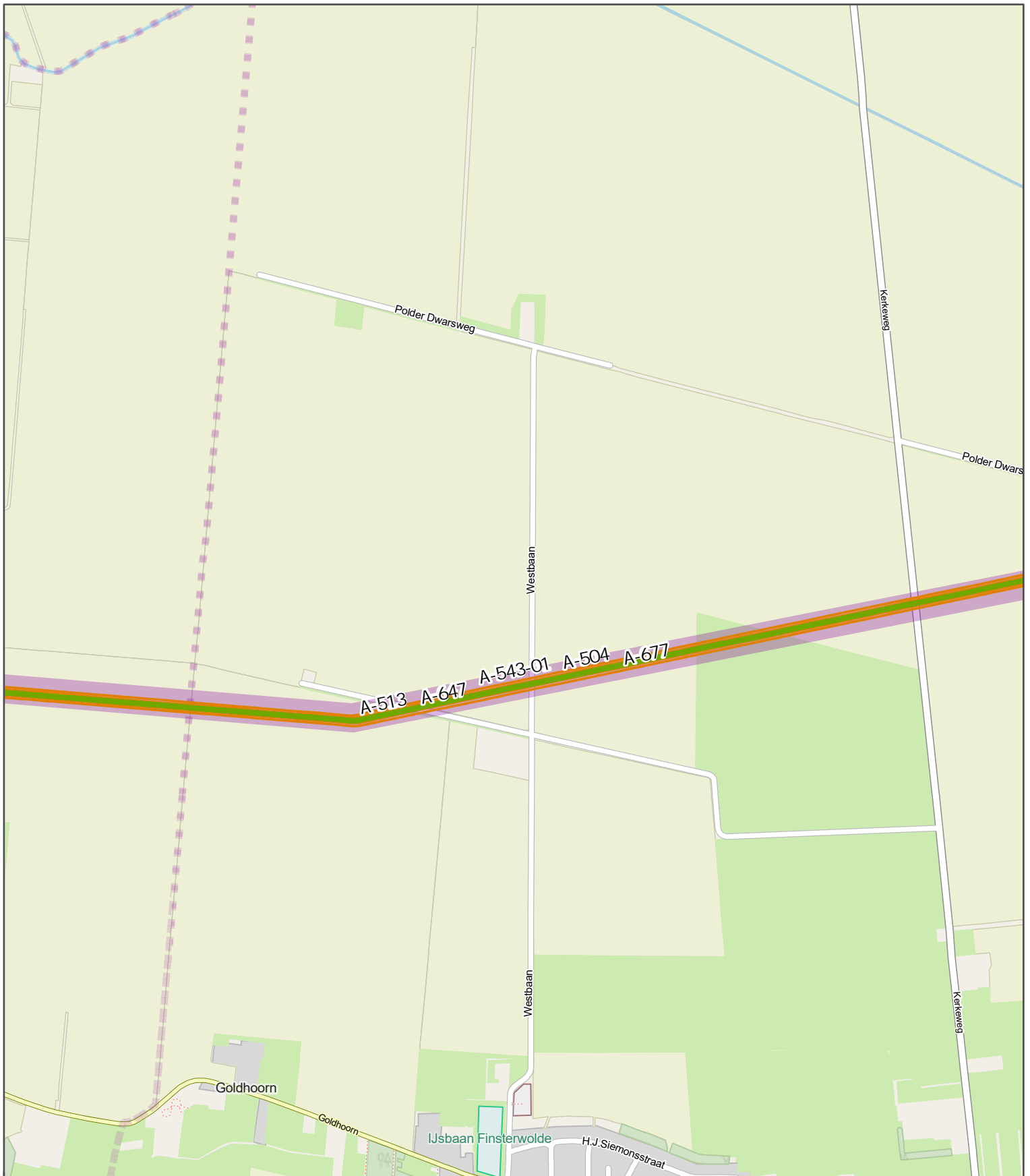
PAGINANUMMER: 4 / 8



DATUM: 29-4-2024

SCHAAL (A4): 1:14.000



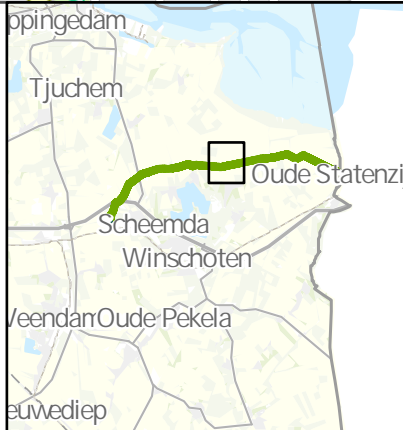


Basis (hergebruik)

- Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

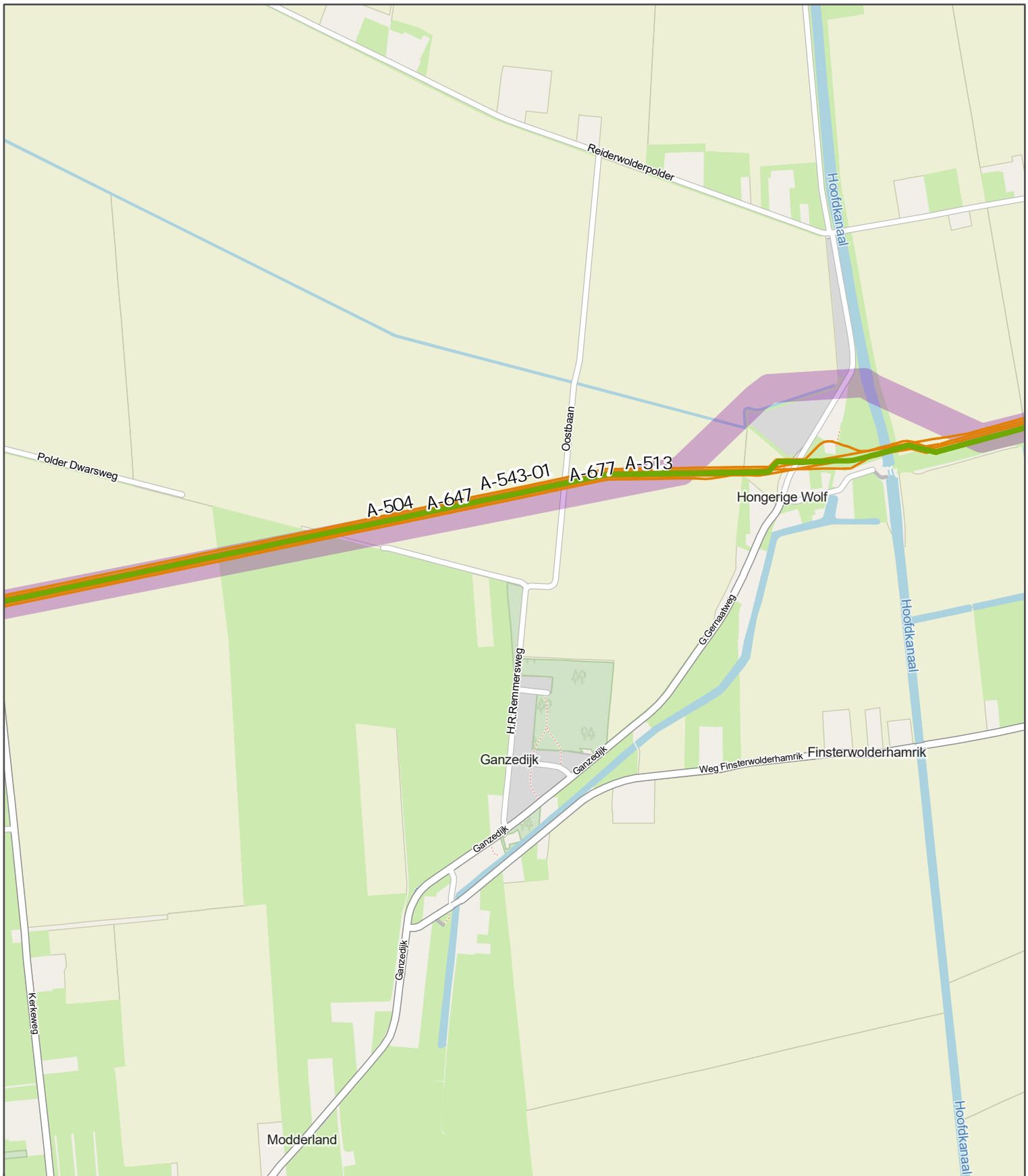
**SCHEEMDA-OUDE STATENZIJL
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
PAGINANUMMER: 5 / 8

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and
built assets

DATUM: 29-4-2024
SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m

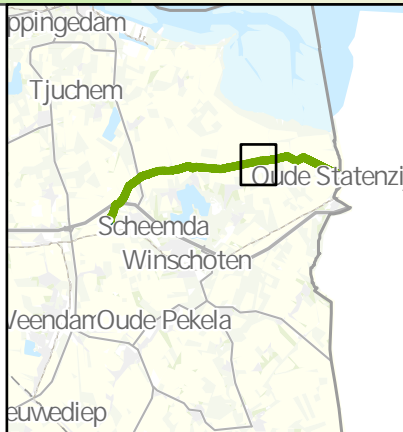


Basis (hergebruik)

- Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

**SCHEEMDA-OUDE STATENZIJL
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 6 / 8

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m +

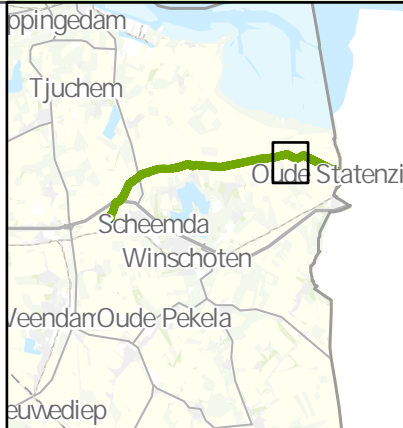


Basis (hergebruik)

- Hergebruik bestaande leiding

Bestaande situatie

- Bestaande aardgasleiding
- SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

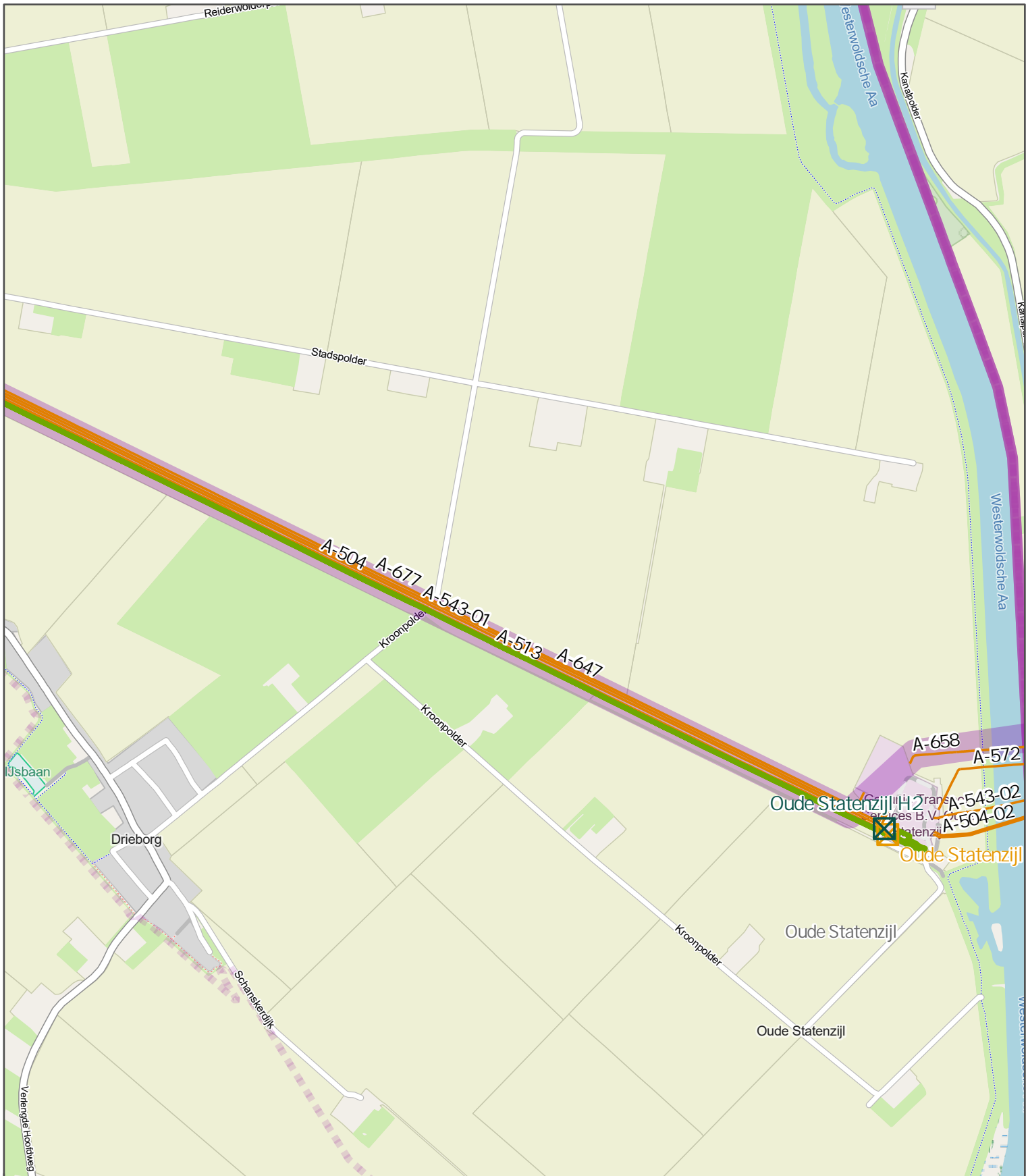
SCHEEMDA-OUDE STATENZIJL WN GRONINGEN

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 7 / 8

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m



- Afsluiterlocaties**
- Nieuw aan te leggen
 - Ontkoppelen bestaand
- Basis (hergebruik)**
- Hergebruik bestaande leiding
- Bestaande situatie**
- Bestaande aardgasleiding
 - SVB-strook



ALTERNATIEF BASIS

**SCHEEMDA-OUDE STATENZIJL
WN GRONINGEN**

OPDRACHTGEVER: Hynetwork Services B.V.
 PAGINANUMMER: 8 / 8

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and built assets

DATUM: 29-4-2024
 SCHAAL (A4): 1:14.000

0 140 280 420 560m