

# REVIEW-ONDERZOEK GRANULIET OVER DE MAAS

Eindrapport

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

16 APRIL 2021





# INHOUDSOPGAVE

<b>SAMENVATTING</b>	<b>6</b>
<b>1 INLEIDING</b>	<b>7</b>
1.1 De opdracht	7
1.2 Het project Over de Maas	8
1.3 Leeswijzer	10
<b>2 ONDERZOEKSVRAGEN EN NADERE AFBAKENING</b>	<b>11</b>
2.1 Onderzoeksvragen	11
2.2 Nadere afbakening	11
2.2.1 Vergunningen en aanvullende afspraken	11
2.2.2 Milieuhygiënische kwaliteitsaanduidingen	13
<b>3 WAT IS GRANULIET?</b>	<b>14</b>
3.1 Herkomst gesteenten	14
3.2 Productieproces	14
<b>4 ONDERZOEKSSTRATEGIE, VERIFICATIE- EN PRAKTIJKONDERZOEK</b>	<b>17</b>
4.1 Onderzoeksstappen	17
4.2 Conceptueel model	17
4.3 Praktijkonderzoek en veldwerkzaamheden	20
<b>5 WAAR IS GRANULIET TOEGEPAST IN ODM?</b>	<b>23</b>
5.1 Informatiebronnen	23
5.2 Moleneindse Waard	24
5.2.1 Hoeveelheden	24
5.2.2 Reconstructie lokalisering granuliet	25
5.2.3 Controle lokalisering granuliet Moleneindse Waard	25
5.3 Westplas	26
5.3.1 Hoeveelheden	26
5.3.2 Reconstructie lokalisering granuliet	27
5.3.3 Controle lokalisering granuliet Westplas	29
5.4 Conclusies reconstructie granuliet	30
<b>6 MILIEUHYGIËNISCHE KWALITEIT GRANULIET</b>	<b>31</b>
6.1 Inleiding	31
6.2 Controle resultaten kwaliteitsbewaking granuliet	31

6.2.1	Externe kwaliteitsbewaking (audits certificeringsinstelling)	31
6.2.2	Interne kwaliteitsbewaking GIB	32
6.3	Beunschipbemonsteringen granuliet	34
6.4	Boringen waterbodem Westplas en landtongen Moleneindse Waard	36
6.4.1	Monstername, selectie en analyseprogramma granuliet	36
6.4.2	Beoordeling fysische eigenschappen (is het granuliet?)	38
6.4.3	Milieuhygiënische beoordeling	40
6.5	Analyse flocculant	43
6.6	Conclusies beoordeling milieuhygiënische kwaliteit	43
<b>7</b>	<b>WATER- EN SEDIMENTTRANSPORT</b>	<b>44</b>
7.1	Grondwaterstroming	44
7.1.1	Bodemopbouw	44
7.1.2	Grondwaterstanden en stroming	44
7.2	Stroming oppervlaktewater	48
7.2.1	Stroming tijdens ontgroning en verondieping	48
7.2.2	Stroming in eindsituatie	50
7.3	Erosie en sedimenttransport	52
7.3.1	Erosie tijdens ontgroning en verondieping	52
7.3.2	Erosie in eindsituatie	54
7.4	Conclusies Transport	55
<b>8</b>	<b>WATERKWALITEIT</b>	<b>57</b>
8.1	Uitloging granuliet	57
8.1.1	Beschrijving gesteenten	57
8.1.2	Onderzoek uitloging acrylamide	57
8.1.3	Uitloging barium	58
8.2	Oppervlaktewater	59
8.2.1	Monsternamelocaties	59
8.2.2	Analyseresultaten	59
8.3	Grondwater	60
8.3.1	Monsternamelocaties	60
8.3.2	Analyseresultaten	60
8.4	Transport en chemische reacties	61
8.5	Conclusies waterkwaliteit	62
<b>9</b>	<b>ECOLOGISCHE EFFECTEN GRANULIET</b>	<b>63</b>
9.1	Effecten op soorten	63
9.1.1	Stofconcentraties	63

9.1.2	Bioassays	64
<b>9.2</b>	<b>Effecten op het ecosysteem</b>	<b>66</b>
9.3	Conclusies ecologie	68
<b>10</b>	<b>CONCLUSIES EN ANTWOORDEN</b>	<b>69</b>
10.1	Conclusies	69
10.2	Antwoord onderzoeksvragen	70
	<b>BIJLAGENRAPPORT (SEPARAAT)</b>	<b>72</b>
	<b>COLOFON</b>	<b>73</b>

## SAMENVATTING

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft Arcadis een review-onderzoek uitgevoerd van de milieuhygiënische kwaliteit en mogelijke effecten van de toepassing en de geschiktheid van granuliet in het project Over de Maas. In dit project wordt sinds 2010 zand en grind gewonnen. De daardoor ontstane plassen zijn gedeeltelijk verondiept met granuliet en andere grond. De verondieping is onderdeel van de inrichting voor natuur en wordt gevolgd door natuurontwikkeling. Ten tijde van het onderzoek is het werk in de Westplas nog in uitvoering. De aanleg van de Moleneindse Waard is afgerond. Het onderzoek is uitgevoerd in beide plassen.

### Opzet review-onderzoek

In eerdere onderzoeken is op basis van beschikbare documenten geconcludeerd dat granuliet een goede milieuhygiënische kwaliteit bezit en voldoet aan het Besluit Bodemkwaliteit. Deze review neemt niet alleen kennis van deze onderzoeken en documenten, er is bovenal een onafhankelijk praktijkonderzoek uitgevoerd, waarbij:

- monsters zijn genomen en geanalyseerd van:
  - granuliet in beunschepen;
  - bodem in de plassen waarin granuliet is toegepast;
  - grond- en oppervlaktewater.
- Bioassays zijn uitgevoerd naar de mogelijke effecten van granuliet op testorganismen.
- Studies zijn verricht naar het transport van grondwater, oppervlaktewater en sediment, met het oog op de mogelijke verspreiding van verontreinigende stoffen uit granuliet en granuliet zelf.

### Conclusies

De toepassing van granuliet in Over de Maas heeft geen negatieve effecten voor mens en milieu tijdens de uitvoering of in de eindsituatie.

Granuliet bestaat hoofdzakelijk uit het fijne gruis dat vrijkomt bij het breken van gesteenten uit groeves in Noorwegen en Schotland. Daarnaast bevat het ongeveer 0,01% (w/w) anionisch polyacrylamide (floculant). Op basis van de onafhankelijk uitgevoerde analyses en kritische beoordeling van de kwaliteitsbewaking van de productcertificering wordt geconcludeerd dat granuliet valt in de milieuhygiënische klasse achtergrondwaarde (AW). Dat is de schoonste klasse die in Nederland aan grond wordt toegekend. Het granuliet blijkt zeer constant van samenstelling en er is geen relevant verschil gevonden tussen vers geproduceerd granuliet of granuliet dat al bijna 5 jaar geleden is toegepast onder de afdeklaag van de Moleneindse Waard.

In geen enkel monster van granuliet in de bemonsterde beunschepen en waterbodem, of van grond- en oppervlaktewater is acrylamide aangetroffen. Daarbij is gemeten met een zo laag mogelijke detectiegrens, op locaties waar de kans op aantreffen het grootst is. De concentraties barium in granuliet fluctueren, maar hebben een natuurlijke oorsprong. Ook de concentraties barium in grond- en oppervlaktewater fluctueren, waarbij opvalt dat de gemiddelde concentraties barium in het grondwater van de achterliggende polder van nature hoger zijn dan die in de Westplas en Moleneindse Waard. De gemeten concentraties in en onder de plassen hebben geen effect op de ecologie.

Granuliet bezit AW-kwaliteit en is daarmee toegestaan voor alle bodemtoepassingen, ook leef- of toplagen. Granuliet laat in bioassays geen oversterfte zien van testorganismen, maar wel een langzamere groei en ontwikkeling dan in referentiemateriaal bij een van de testorganismen. Dit signaal van de bioassays betekent niet per se een relevant effect, maar zou kunnen betekenen dat granuliet mogelijk minder geschikt is als drager voor specifieke ecosystemen of natuurdoeltypen. Voor veel toepassingen worden hieraan echter geen eisen gesteld. In Over de Maas wordt granuliet afgedekt. Hierdoor speelt granuliet als drager voor het ecosysteem geen rol.

De onderzoeken naar de verspreiding van stoffen uit granuliet laten zien dat de concentraties van deze stoffen (waaronder barium) vergelijkbaar zijn met de achtergrondconcentraties in Maas of grondwater en oppervlaktewater. Erosie van granuliet zal zich niet voordoen. De geringe hoeveelheid die vrijkomt in de vorm van vertroebeling tijdens lossen zal zich mengen met de overige grond- en baggerspeciestromen of natuurlijke sedimentatie, en geen effect hebben op de natuurdoelen.

# 1 INLEIDING

## 1.1 De opdracht

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft Arcadis Nederland B.V. in de periode augustus 2020 tot maart 2021 een review-onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke effecten van de toepassing van granuliet in het zandwin- en natuurontwikkelingsproject 'Over de Maas'. Het review-onderzoek is aangekondigd in de brief aan de Tweede Kamer (5 en 31 maart 2020) van de staatsecretaris, en is onder meer het gevolg van vragen van omwonenden en de gemeente West Maas en Waal.

### Doel

Het doel van het review-onderzoek is als volgt verwoord in de opdrachtomschrijving van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat "Review-onderzoek toepassing Granuliet in Over de Maas" (Bijlage bij Tweede Kamer der Staten-Generaal, vergaderjaar 2019-2020, 30 015, nr 64):

*"...inzicht in "(1) de milieu-hygiënische effecten van de toepassing van granuliet in het project Over de Maas... en (2) de (on)bruikbaarheid van granuliet voor de verondieping van de plas in relatie tot de beleidsmatig of wettelijk vastgelegde doelen van het project Over de Maas."*

Bij deze doelen zijn 9 onderzoeksvragen geformuleerd, die een nadere invulling geven van deze 2 doelen. Deze onderzoeksvragen zijn opgenomen in hoofdstuk 2.

Het eerste doel is vooral toegespitst op de milieuhygiënische kwaliteit van het toegepaste granuliet en de mogelijke milieuhygiënische effecten. Hierbij wordt met name gedoeld op de mogelijke aanwezigheid en verspreiding van verontreinigende stoffen. Voor de beoordeling van de milieuhygiënische kwaliteit en effecten moeten alle relevante stoffen worden onderzocht. Daaraan toegevoegd zijn twee aandachtspunten; barium en de gebruikte flocculant (Ecopure P1715/polyacrylamide) en eventuele omzettingsproducten (acrylamide).

De tweede doelstelling ((on)bruikbaarheid granuliet) is vooral gericht op de geschiktheid van de toepassing van granuliet, gelet op het bereiken van de vastgelegde natuurdoelen, en of mogelijk sprake is van effecten op het ecosysteem. Voor het bepalen van de eco(toxico)logische risico's van granuliet zijn in de opdrachtomschrijving bioassays opgenomen.

De conclusies en antwoorden op de onderzoeksvragen worden gegeven in hoofdstuk 10.

### Buiten de scope

Het review-onderzoek of effectenstudie richt zich alleen op de toepassing van granuliet. De toepassing van andere materialen in Over de Maas, en de effecten daarvan, zijn geen onderdeel van dit review-onderzoek. Ook de toepassing van granuliet op andere locaties of voor andere doeleinden is geen onderdeel van het review-onderzoek.

Het onderzoek heeft niet als doel om nut en noodzaak van het totale project of het verondiepen in algemene zin bij Over de Maas te evalueren. Evenmin is het een evaluatie van het totale beleid en het wettelijk kader voor het ontgronden en verondiepen van diepe plassen.

### Karakter en werkwijze op hoofdlijnen

Dit review-onderzoek heeft het karakter van een effectenstudie. Het is een combinatie van feitelijk onafhankelijk onderzoek, dat is uitgevoerd in het veld en laboratorium, en op informatie die is verstrekt door derden. Deze informatie is telkens grondig beoordeeld en gecontroleerd.

Het onderzoek is stapsgewijs ingericht:

- Tijdens het vooronderzoek is een literatuuronderzoek uitgevoerd en is nagegaan waar en hoeveel granuliet is toegepast. Bestaande onderzoeken zijn bestudeerd en de natuurdoelen in beeld gebracht. Op basis van een conceptueel model of schets van de locatie is een strategie opgezet voor het veld- en laboratoriumonderzoek, ook wel verificatie en praktijkonderzoek genoemd (zie hoofdstuk 4).

De bouwstenen uit het vooronderzoek zijn in dit eindrapport overgenomen en/of in de bijlagen van dit eindrapport verwerkt.

- In de periode van oktober 2020 t/m maart 2021 is het verificatie en het praktijkonderzoek uitgevoerd. Daarbij zijn bemonsteringen in het veld en van beunschepen uitgevoerd en milieuhygiënische analyses ingezet. Tot halverwege maart 2021 zijn bioassays uitgevoerd op granulietmonsters.
- In maart 2021 zijn de onderzoeksresultaten geïntegreerd, en samengebracht in dit eindrapport.

De voortgang is periodiek besproken met een klankbordgroep waarin medewerkers van de gemeente West Maas en Waal, de provincie Gelderland, Rijkswaterstaat en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat deelnemen.

## 1.2 Het project Over de Maas

In de uiterwaarden langs de Maas tussen Alphen en Dreumel is het omvangrijke delfstoffenwinnings- en natuurontwikkelingsproject “Over de Maas” in uitvoering. Na de voorbereiding en het beschikbaar komen van de vergunningen is in 2010 gestart met de uitvoering van het project (inclusief winning van zand en grind). Het plangebied van dit project omvat het ‘Gat van Van Deursen’, de ‘Moleneindse Waard’ en de ‘Westplas’ (zie afbeelding 1.1). Voor het begin van het project was alleen het Gat van Van Deursen aanwezig. De Moleneindse Waard en de Westplas zijn ontstaan door de zandwinning. De Grote Wetering mondt via de Alphense Uitvliet uit in de Westplas.

De Westplas is nog in uitvoering, de Moleneindse Waard en het Gat van Van Deursen zijn inmiddels gereed en opgeleverd.



Afbeelding 1.1 Overzicht plangebied Over de Maas.

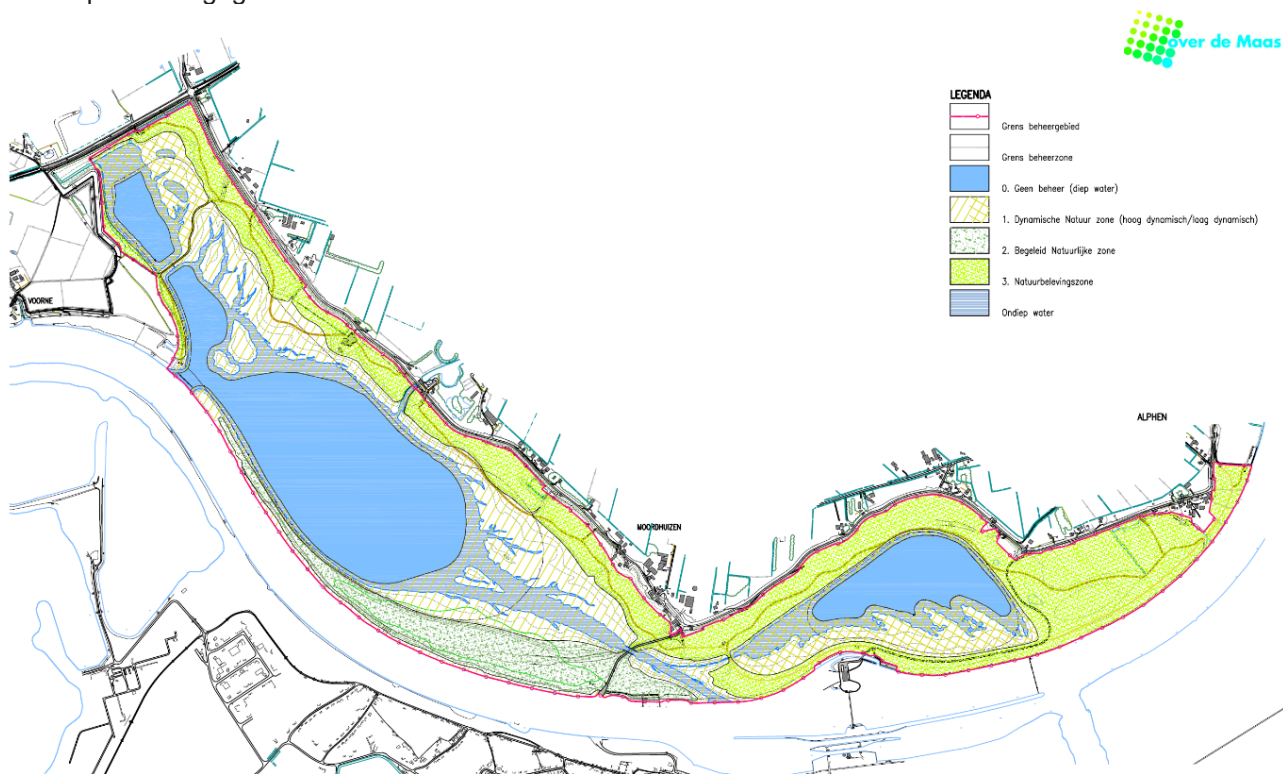
### Doel van het project Over de Maas

Doel van het project is de winning van delfstoffen (industriezand, grind, ophoogzand en klei) en de ontwikkeling van nieuwe riviergebonden natuur. Daarnaast is sprake van de volgende nevensdoelstellingen:

- Rivierverruiming ten behoeve van verbetering hoogwaterveiligheid.
- Extensief recreatieve openstelling van het gebied.
- Het voeren van duurzaam extensief beheer na inrichting.



In afbeelding 1.2 is de schets van de eindsituatie met de beheerzonering van het plangebied uit het beheerplan weergegeven.



Afbeelding 1.2 Eindsituatie, met de beheerzonering van het plangebied na afronding van de werkzaamheden en oplevering van het project Over de Maas (beheerplan Over de Maas, Landschap partners, 2009)

## Zand- en grindwinning

Bij het proces van zandwinning worden hogedruk jets ingezet om het te winnen bodemmateriaal los te spuiten om het vervolgens op te kunnen zuigen. In combinatie met de winning vindt verwerking van het bodemmateriaal in een klasseerinstallatie op de plas plaats. Een deel van de fijnste fractie wordt aan het eind van het klasseerproces weer geloosd met het transport- en proceswater. Deze lozing en het lossputten veroorzaken een bepaalde mate aan vertroebeling in de plas tijdens de winning.

## Verondieping of aanvulling plassen

Verondieping met grond en baggerspecie (reconstructiematerialen) van de plassen binnen het plangebied van project Over de Maas vindt plaats als een grootschalige bodemtoepassing. Binnen de kaders van het Besluit bodemkwaliteit is een grootschalige toepassing, een toepassing waarin een grote hoeveelheid grond en/of baggerspecie nuttig wordt toegepast. Bij een grootschalige bodemtoepassing (GBT) wordt een kern en een afdeklaag (leeflaag) onderscheiden. In de kern mag een partij toe te passen grond de Maximale Waarden voor de klasse industrie niet overschrijden en baggerspecie mag de Interventiewaarden voor waterbodems niet overschrijden. De afdeklaag dient minimaal 0,5 meter dik te zijn met een milieuhygiënische kwaliteit die voldoet aan de omgevingskwaliteit. In het geval van Over de Maas is granuliet toegepast in de kern van de GBT, en zijn aanvullende afspraken gemaakt over bijvoorbeeld de dikte van de deklaag in de Westplas (3 m). De set aanvullende afspraken wordt toegelicht in hoofdstuk 2.

## Planning

In 2017 zijn de herinrichtingswerkzaamheden in de Moleneindse Waard afgerond. De herinrichting van het gat van Van Deursen is op basis van informatie van Over de Maas CV al in een eerder stadium afgerond. De ontgrondingsactiviteiten en inrichtingsverplichtingen in de Westplas moeten op basis van de vergunningen (kader ontgrondingenwet en Waterwet) uitvoeringstechnisch, op 31 december 2021 zijn voltooid.

### 1.3 Leeswijzer

Dit eindrapport is een integratie van een serie deelonderzoeken. Deze integratie is gestructureerd volgens onderzoeksaspecten zoals: milieuhygiënische kwaliteit granuliet, transport, waterkwaliteit en ecologie. Elk van deze aspecten is gebaseerd op gegevens uit meerdere deelonderzoeken. De onderzoeksaspecten worden gepresenteerd in de hiernavolgende hoofdstukken. De deelonderzoeken zijn opgenomen in het bijlagenrapport.

De 9 onderzoeksvragen die zijn gesteld in de opdrachtomschrijving zijn opgenomen in hoofdstuk 2. Ze corresponderen niet 1 op 1 met de onderzoeksaspecten. Sommige onderzoeksaspecten bevatten meerdere onderzoeksvragen, en het kan ook zo zijn dat het antwoord op één onderzoeksvraag leunt op meerdere onderzoeksaspecten. De beantwoording van de onderzoeksvragen vindt daarom plaats bij de integratie van de resultaten in hoofdstuk 10.

In hoofdstuk 2 wordt ook het kader van het onderzoek nader afgebakend met betrekking tot relevante vergunningsvoorwaarden en nadere afspraken.

In hoofdstuk 3 wordt toegelicht wat granuliet is. Waar komt het vandaan, en hoe wordt het geproduceerd?

In hoofdstuk 4 wordt op basis van een conceptueel model de onderzoeksstrategie toegelicht. In het conceptueel model is de grondwater- en oppervlaktewaterstroming geschematiseerd en de mogelijke verspreiding van stoffen inzichtelijk gemaakt. Dit vormt de basis voor de keuze van bemonsteringslocaties en milieuhygiënische analyses. In dit hoofdstuk is toegelicht op welke locaties de diverse deelonderzoeken zijn uitgevoerd.

De reconstructie van de toepassing van granuliet is uitgebreid toegelicht in hoofdstuk 5; waar en hoeveel granuliet is toegepast, en klopt de verstrekte informatie? De laatste vraag is beantwoord aan de hand van steekproefsgewijze boringen in de waterbodem.

In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de concentraties stoffen en de samenstelling van granuliet in beunschepen, waterbodem en boringen. Daarmee ontstaat inzicht in de milieuhygiënische kwaliteit van granuliet.

De stroming van grond- en oppervlaktewater en erosie is beschreven in hoofdstuk 7: Transport. Eventuele verontreinigende stoffen zullen zich immers verspreiden met de waterstroming of het sediment. Bovendien wordt ingegaan op de vraag of mogelijk erosie optreedt van granuliet.

De kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en de relevante chemische processen die zich daarin afspelen worden besproken in hoofdstuk 8: Waterkwaliteit en chemie. Daarin wordt bijvoorbeeld uitgebreid stilgestaan bij het gedrag van barium in dit bodem-watersysteem.

In hoofdstuk 9 worden de uitgevoerde bioassays besproken en of de toepassing van granuliet effecten heeft op het ecosysteem en de natuurdoelen.

Tenslotte volgen in hoofdstuk 10 de conclusies en de antwoorden op de onderzoeksvragen.

## 2 ONDERZOEKSVRAGEN EN NADERE AFBAKENING

### 2.1 Onderzoeksvragen

De hoofdvragen, “Treden er milieueffecten op als gevolg van de toepassing van granuliet in Over de Maas, en is granuliet geschikt voor de verondieping?” zijn nader gespecificeerd in 9 onderzoeksvragen. Deze 9 vragen vormen de basis van het onderzoek dat op de locatie Over de Maas is uitgevoerd.

#### Onderzoeksvragen

1. Waar is het granuliet toegepast binnen het vullichaam/de plas?
2. Wat is de milieuhygiënische kwaliteit van het granuliet?
3. Zijn er milieuhygiënisch relevante verschillen tussen de kwaliteit van het granuliet dat reeds is toegepast in het project (bemonstering huidige waterbodem) en het granuliet dat nog wordt toegepast (bemonstering enkele beunschepen)?
4. Wat zijn de milieuhygiënische effecten van het granuliet op de kwaliteit van waterbodem, oppervlaktewater, grondwater?
5. Zijn er effecten te verwachten op het ecosysteem (flora en fauna)?
6. Zijn er effecten te verwachten tijdens de fase van toepassing van granuliet, en zijn hier vervolgens blijvende effecten van te verwachten?
7. Zijn er effecten van de toepassing van het granuliet die in de weg staan van het bereiken van de formeel vastgelegde natuurdoelen en/of gezondheidseffecten voor de mens te verwachten?
8. Heeft de natuurlijke dynamiek van het riviersysteem en/of de geohydrologische situatie invloed op de mogelijke verspreiding (uitloging) van mogelijke aangetoonde stoffen in het granuliet?
9. Heeft de natuurlijke dynamiek van het riviersysteem invloed op een proces van erosie tijdens de toepassing en in de eindsituatie?

### 2.2 Nadere afbakening

#### Is granuliet grond?

Dit review-onderzoek richt zich nadrukkelijk niet op de vraag of granuliet moet worden gedefinieerd als grond. De besluitvorming en lopende procedures hebben dan ook geen relatie met dit review-onderzoek. Voor een beschouwing van de mogelijke effecten of bruikbaarheid is de definitie minder relevant.

In het huidige wettelijk kader wordt granuliet gekwalificeerd als grond. Daarom wordt er in dit review-onderzoek vanuit gegaan dat granuliet kan worden omschreven als grond.

#### 2.2.1 Vergunningen en aanvullende afspraken

Dit review-onderzoek vindt plaats binnen het kader dat is vastgelegd door de plannen, verleende vergunningen en aanvullende afspraken. Deze kunnen allen invloed hebben op de wijze waarop effecten moeten of kunnen worden getoetst, en of toetsing nodig is.

## Plannen

In relatie tot de plannen zijn de volgende stukken geraadpleegd, die mede ten grondslag hebben gelegen aan de voorbereiding van projectgebied Over de Maas:

- Streekplan Gelderland 2005.
- Milieueffectrapport (MER)/strategische milieubeoordeling (SMB) 'Zandwin- en natuurontwikkelingsplan Over de Maas' inclusief aanvullingen.
- Plan-MER Structuurplan Over de Maas.
- Bestemmingsplan Over de Maas.

## Vergunningen

### Ontgrondingsvergunning

Op 22 mei 2008 is door/namens Over de Maas CV een aanvraag tot verlening van een ontgrondingsvergunning aangevraagd. Het terrein wordt tijdens de ontgroning ingericht als natuur. Na herinrichting ontstaat ca 72 hectare diep water en ca 205 hectare natuur. Op 18 maart 2009 is door de Gedeputeerde Staten van Gelderland een beschikking afgegeven waarin is besloten vergunning te verlenen voor het ontgronden. In de ontgrondingsvergunning zijn voorschriften opgenomen ten aanzien van peilingen en monitoring. Vanuit de ontgrondingsvergunning is een eis tot verplichting voor het opstellen van een beheerplan opgenomen. In het kader van dit voorschrift is in juli 2009 een beheerplan opgesteld (Landschap partners – juli 2009). Tot heden zijn 6 wijzigingen van de vergunning aangevraagd en goedgekeurd.

### Watervergunning (voorheen Wet beheer rijkswaterstaatswerken, Wbr)

Op 29 mei 2008 is door Over de Maas CV een aanvraag voor een vergunning in het kader van de Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken ingediend. In deze aanvraag zijn onder andere het beleidskader, de planbeschrijving, het uitvoeringsproces en de resultaten van het uitgevoerde rivierkundig onderzoek beschreven. Op 12 januari 2009 is de vergunning door Rijkswaterstaat verleend. De Wbr voor het 'waterdeel' is op 22 december 2009 vervangen door de Waterwet.

In de vergunning zijn geen concrete voorschriften met betrekking tot vertroebeling in de plas(sen) geformuleerd in de bouwfase (tijdelijke situatie). Dit geldt ook voor de uitstroomopening(en) van de plas naar de Maas. Volledigheidshalve is dit geverifieerd en bevestigd door de bestuursstaf van Rijkswaterstaat. Onverlet geldt de zorgplicht van Over de Maas CV.

In 2013, 2016 en 2018 zijn wijzigingen op de Watervergunning (Waterwet) ingediend en verleend.

## Aanvullende afspraken (2018)

Verdieping met grond en baggerspecie (reconstructiematerialen) van de plassen binnen het plangebied van project Over de Maas vindt plaats als een grootschalige bodemtoepassing (GBT). Binnen de kaders van het Besluit bodemkwaliteit is een grootschalige toepassing, een toepassing waarin een grote hoeveelheid grond en/of baggerspecie nuttig wordt toegepast. In relatie tot de plassen binnen Over de Maas mag in de kern van de GBT een partij toe te passen grond, de Maximale Waarden voor de klasse industrie niet overschrijden. Voor een partij toe te passen baggerspecie mag de interventiewaarden voor waterbodems niet worden overschreden.

Bij het gemeentelijke bestemmingsplan Over de Maas is in 2008 een planovereenkomst gesloten tussen gemeente en Over de Maas CV. In een minnelijk overleg tussen gemeente west Maas en Waal en Over de Maas CV in 2018 zijn (aanvullende) afspraken overeengekomen tussen de partijen. Deze afspraken tussen de partijen zijn bij verlenging van de planovereenkomst als bijlage hiervan, in een addendum, vastgelegd en verwerkt in een communicatieplan d.d. 7 mei 2018. Het communicatieplan bevat openbare informatie over de gemaakte afspraken en achtergrond daarvan. Hierin is met betrekking tot de toepassing van extern aangevoerd reconstructiemateriaal opgenomen:

- *Functionele toepassing toegestaan*: het toepassen van reconstructiemateriaal van buiten het gebied, dat voldoet aan de eisen zoals gesteld in het Besluit bodemkwaliteit, mag functioneel volgens het Besluit Bodemkwaliteit worden toegepast als GBT in deelgebied Over de Maas.
- *Hoeveelheid*: van de 11.000.000 m<sup>3</sup> toe te passen reconstructiemateriaal ten behoeve van de eindinrichting, zal maximaal 50% (5.500.000 m<sup>3</sup>) mogen bestaan uit van buiten het gebied aangevoerd bodemmateriaal.

- **Samenstelling:**  
50% extern aangevoerd reconstructiemateriaal:
  - Dit mag voor 65% uit waterbodem klasse B baggerspecie en/of landbodem klasse industrie bestaan dit is maximaal 3.575.000 m<sup>3</sup>.
  - De overige 35% van het extern aangevoerde bodemmateriaal moet uit waterbodem klasse A baggerspecie en/of landbodem klasse wonen of schoner bestaan, dat is maximaal 1.925.000 m<sup>3</sup>.
  - De overige 50% reconstructiemateriaal bestaat uit ophoogzand uit het gebied zelf, zijnde 5.500.000 m<sup>3</sup>.
- **Kwaliteit:** de gemiddelde kwaliteit van de toegepaste grondstromen op het moment dat het project gereed is en aan de gemeente wordt overgedragen blijft onder het (toekomstige) herverontreinigingsniveau van de Maas, er is geen sprake van toenemende verontreiniging.
- **Afdek(contact)laag:** in plaats van de voor een GBT voorgeschreven afdeklaag van 0,5 meter wordt een afdeklaag van 3 meter aangebracht met klasse A, of schoner.

## 2.2.2 Milieuhygiënische kwaliteitsaanduidingen

Bij de toetsing en beoordeling van grond worden in dit rapport de kwaliteitsaanduidingen gebruikt uit de Regeling Bodemkwaliteit.

**Achtergrondwaarden:** Deze zijn vastgesteld op basis van de gehalten aan stoffen zoals die voorkomen in de bodem van natuur- en landbouwgronden in Nederland die niet zijn belast door lokale verontreinigingsbronnen.

**Klasse wonen en industrie:** dit betreffen kwaliteitsaanduidingen gekoppeld aan normwaarden voor stoffen in grond of baggerspecie voor toepassing op of in bodem, waarbij klasse wonen van betere kwaliteit is dan klasse industrie.

**Klasse A en B:** dit betreffen kwaliteitsaanduidingen gekoppeld aan normwaarden voor stoffen in grond of baggerspecie voor toepassing in oppervlaktewater, waarbij klasse A van betere kwaliteit is dan klasse B.

**Interventiewaarden:** milieuhygiënisch kwaliteitsniveau waar bij overschrijding sprake is van potentiële ernstige vermindering van de functionele eigenschappen die de bodem voor mens, plant of dier heeft.

De klassen wonen, industrie, klasse A en B betreffen kwaliteitsaanduidingen van grond of baggerspecie tussen voornoemde achtergrondwaarden en interventiewaarden. Toepassing van grond of baggerspecie met stoffen boven de interventiewaarde is binnen generieke kaders (zoals dat geldt voor projectgebied Over de Maas) van het Besluit bodemkwaliteit niet toegestaan. De interventiewaarden zoals die voor stoffen gelden zijn grotendeels op risico's gebaseerd.

### 3 WAT IS GRANULIET?

Granuliet bestaat uit de fijne fracties die vrijkomen bij het breken van gesteenten tot grind en stenen, die bijvoorbeeld worden gebruikt als grondstof voor de weg- en betonindustrie. Deze fijne fracties worden gemengd teruggewonnen uit het processpoelwater met behulp van een zogenaamde flocculant.

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de herkomst van de gesteenten en het productieproces van granuliet.

#### 3.1 Herkomst gesteenten

Graniet Import Benelux (GIB) importeert steen uit twee groeves; metazandsteen/metagrauwacke (ook Bestone® genoemd) uit Bremanger in Noorwegen en granodioriet uit Glensanda in Schotland. Het betreft een zogeheten halffabricaat uit deze groeves, bestaande uit gebroken gesteente tot ca 180 mm grootte. Het gebroken gesteente wordt met zeeschepen naar GIB in Amsterdam vervoerd. De aanvoer uit zowel Schotland als Noorwegen vindt doorlopend plaats (gemiddeld 1 zeeschip per week).

Het gesteente wordt bij GIB verwerkt tot verschillende producten, met verschillende korrelgroottes. De fijnste fracties (granuliet) worden toegepast in de grond-, weg- en waterbouw en als toeslagmateriaal in de keramische industrie (bakstenen en dakpannen).



Afbeelding 3.1 Bremanger steengroeve, Noorwegen (links) Glensanda steengroeve, Schotland (rechts)

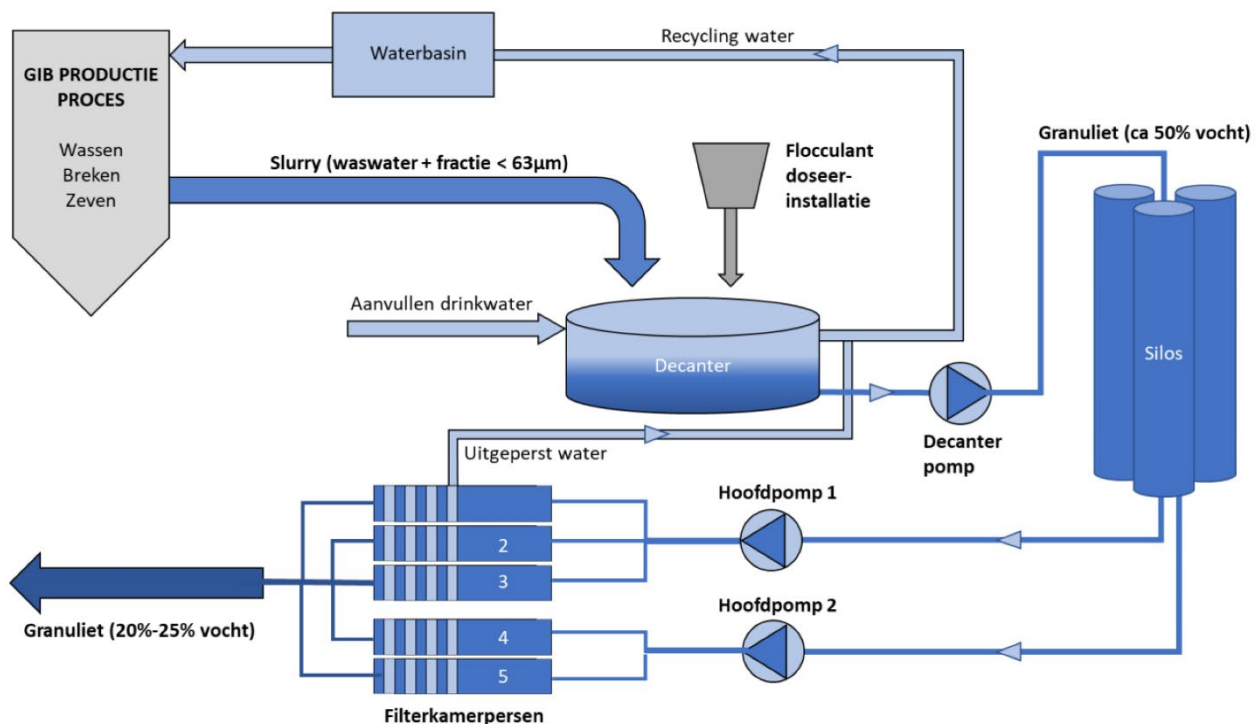
Het gesteente afkomstig uit Schotland wordt bij GIB gescheiden van het gesteente uit Noorwegen opgeslagen en verwerkt op de terminal. Van de totale aanvoer van ca 3-4 miljoen ton per jaar in de afgelopen 5 jaar is het aandeel uit Glensanda circa 32% (+/- 4%) en het aandeel uit Bremanger ca. 68% (+/-4%). Hieruit kan worden afgeleid dat de verdeling van de gesteenten uit Glensanda en Bremanger relatief constant is.

#### 3.2 Productieproces

De bewerkingen die door GIB aan de geïmporteerde gesteenten worden uitgevoerd betreffen breken, scheiden en wassen. Hierbij worden verschillende fracties afgescheiden. Bij het breken en zeven van de steen in de installaties wordt het gruis met water uit zand, grind en stenen verwijderd. Dat gruis wordt uit het spoelwater gehaald en het water wordt opnieuw gebruikt.

## Productie granuliet

In afbeelding 3.2 is het proces diagram van het productieproces van granuliet weergegeven.



Afbeelding 3.2 Proces diagram productie granuliet (Bron: GIB)

De procesbeschrijving is gebaseerd op door GIB verstrekte informatie. Arcadis heeft op 17 november 2020 in overleg met GIB een locatiebezoek (Amerikahaven 2, Amsterdam) verricht en onderstaande processtappen in uitvoering gezien.

De fijnste fracties die vrijkomen bij de voornoemde bewerkingen worden nat gezeefd. Het waswater met de fijne steenfractie wordt vervolgens gecycloneerd, waarbij zand van ca 63 µm tot ca 0.5-1 mm uit het waswater wordt gehaald. Het resterende waswater met de kleinste steenfractie (<63 µm) wordt verder bezonken tot granuliet. De slurry (het waswater + fractie <63 µm) afkomstig uit de diverse breek-zeefinstallaties wordt verzameld (gemengd) in de decanter. Hier bezinkt de slurry met behulp van een flocculant. De vaste stof concentreert zich op de bodem van de decanter. Het water wordt aan de bovenkant afgetapt naar het waterbassin. Dit waterbassin is de waterbuffer ten behoeve van het wassen van de stenen op de verschillende zeefinstallaties.

Aan de onderkant van de decanter wordt door de decanterpomp het granuliet weggepompt naar de silo's. Het vochtgehalte is hierbij ca 50%. Vervolgens persen de hoofdpompen 1 en 2 de 'granuliet-50%' naar de filterkamerpersen. Pomp 1 voedt filterkamerpersen 1 t/m 3, pomp 2 voedt persen 4 en 5 (e.e.a. afhankelijk van de vooraf ingegeven instellingen). De filterkamerpersen persen de 'granuliet-50%' tot regulier granuliet met een vochtgehalte van ca 20-25% (m/m). Het uitgeperste water wordt weer toegevoegd aan het waterbassin. Het granuliet wordt vervolgens op de terminal opgeslagen. Tijdens het opslaan daalt het watergehalte verder tot ca 20% of lager (m/m) na enkele maanden (Deltares, 2019). Het gebruikte water wordt gerecycled in het proces. Het tekort aan water wordt aangevuld met drinkwater.

In afbeelding 3.3 is de jaarproductie granuliet (natte stof) over de periode 2014 t/m 2019 weergegeven (opgave GIB). Hieruit volgt dat de jaarproductie gemiddeld ca. 350.000 ton/jaar bedraagt. Volgens opgave van GIB wordt daarbij per jaar ca. 200.000-250.000 m<sup>3</sup> drinkwater verbruikt. Er vindt door GIB geen lozing of afvoer van (afval)water plaats via het riool.

## Flocculant

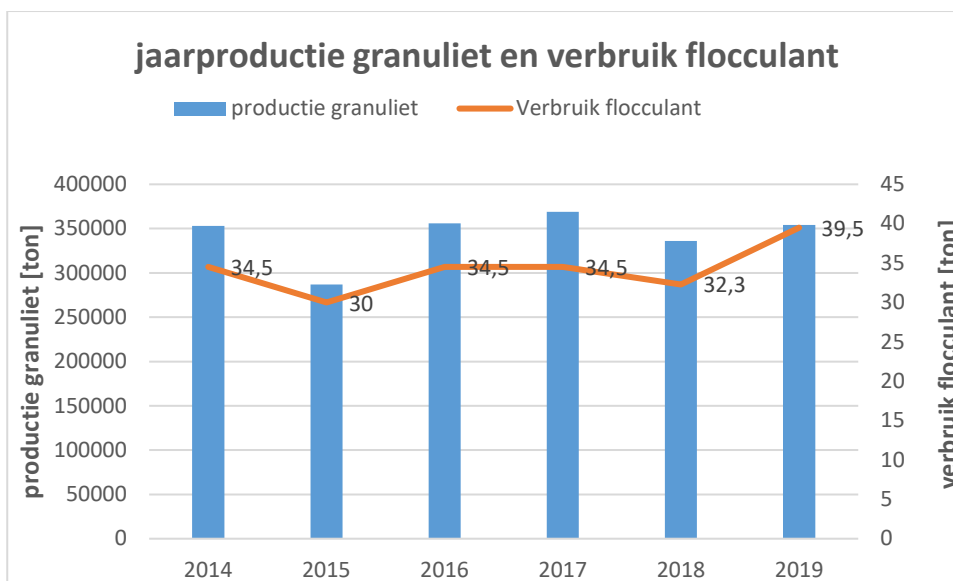
In het productieproces van granuliet wordt een flocculant (polyacrylamide - Ecopure P-1715) toegevoegd. Dit betreft een anionische poly-elektrolyet. Hierdoor klonteren de deeltjes samen en bezinken ze sneller. Andere stoffen worden niet aan het gebroken materiaal toegevoegd.

De hoeveelheid gedoseerde flocculant wordt bepaald afhankelijk van het aantal breek-zeefinstallaties die in bedrijf zijn. Per breek-zeefinstallatie staat de geproduceerde hoeveelheid steen vast, waarmee een directe relatie ontstaat tussen het aantal in bedrijf zijnde breek-zeefinstallaties en de benodigde hoeveelheid flocculant. De dosering is bijvoorbeeld tussen de 55% en 65% (% van maximum dosering) als er 4 breekzeefinstallaties draaien. Bij 5 installaties wordt deze instelwaarde tussen de 70%-80%. Binnen deze marges wordt in de procesvoering gevarieerd. Dit wordt door GIB bepaald door met een visuele check waarbij de bezinksnelheid van een monster uit de decanter wordt beoordeeld. Dosering buiten de aangegeven marges is binnen de werkvoorschriften van GIB in relatie tot de procesvoering niet toegestaan, waarmee overdosering wordt beheerst.

De instelwaarden zijn door GIB opgesteld in samenwerking met adviseurs van de leverancier, waarbij proeven zijn gedaan om de bezinksnelheid te beoordelen en de hoeveelheid actieve flocculant in het bovenstaande water te minimaliseren.

Flocculant wordt alleen gebruikt bij de productie van granuliet. De gemiddelde dosering komt volgens opgave van GIB neer op ca 1:10.000 (m/m, flocculant/granuliet), dit is 100 ppm (parts per million), oftewel 100 mg/kg (natte stof). Omgerekend naar droge stof (bij 25% vocht), komt dit neer op circa 130 mg/kg d.s.

In afbeelding 3.3 is de opgave van het jaarverbruik van flocculant en de hoeveelheid geproduceerd granuliet over de periode 2014 t/m 2019 overgenomen. Hieruit kan worden afgeleid dat het jaarverbruik van flocculant in een vrij constante verhouding staat tot de hoeveelheid geproduceerd granuliet.



Afbeelding 3.3: jaarproductie granuliet en verbruik flocculant (Bron: GIB)

## Opslag en verwerking

Het granuliet wordt door GIB tijdelijk in depot opgeslagen op de eigen productielocatie aan de Amerikahaven 2 in Amsterdam. Hier bevinden zich beladingsmogelijkheden voor grote en kleinere binnenvaartschepen. De ligduur in depot hangt volgens opgave van GIB af van de productie en de afzet. Normaliter wordt volgens GIB elk jaar de volledige productie afgezet. Volgens opgave van GIB is vanaf april 2018 stagnatie in de afzet van granuliet opgetreden en zijn de voorraden tot oktober 2019 opgelopen. GIB beschikt ook over een opslaglocatie van granuliet in de Zanzibarhaven in Amsterdam.



## 4 ONDERZOEKSSTRATEGIE, VERIFICATIE- EN PRAKTIJKONDERZOEK

### 4.1 Onderzoeksstappen

Het onderzoek naar granuliet in het plangebied van project Over de Maas is stapsgewijs ingericht om antwoord te kunnen geven op de 9 onderzoeksvragen die door de betrokken partijen gesteld zijn.

De volgende stappen zijn doorlopen:

- Vooronderzoek, bestaande uit een reconstructie en literatuuronderzoek.
- Verificatie- en praktijkonderzoek naar de kwaliteit en de mogelijke effecten van het granuliet.
- Eindrapportage.

Tijdens het vooronderzoek is de onderzoeksstrategie opgezet aan de hand van een helder conceptueel model. Aan de hand daarvan zijn het verificatieonderzoek en praktijkonderzoek vormgegeven. Er zijn concrete metingen uitgevoerd in het project Over de Maas (ODM), waarmee de gestelde onderzoeksvragen kunnen worden beantwoord. Omdat de resultaten van zowel verificatieonderzoek als het praktijkonderzoek worden gebruikt om de gestelde onderzoeksvragen te beantwoorden, worden in dit eindrapport het verificatie- en praktijkonderzoek geïntegreerd gerapporteerd.

Hieronder wordt allereerst een schets gegeven van de processen in en om de plassen van ODM (het conceptueel model). Vervolgens wordt ingegaan op het uitgevoerde veldwerk voor het verificatie- en praktijkonderzoek.

### 4.2 Conceptueel model

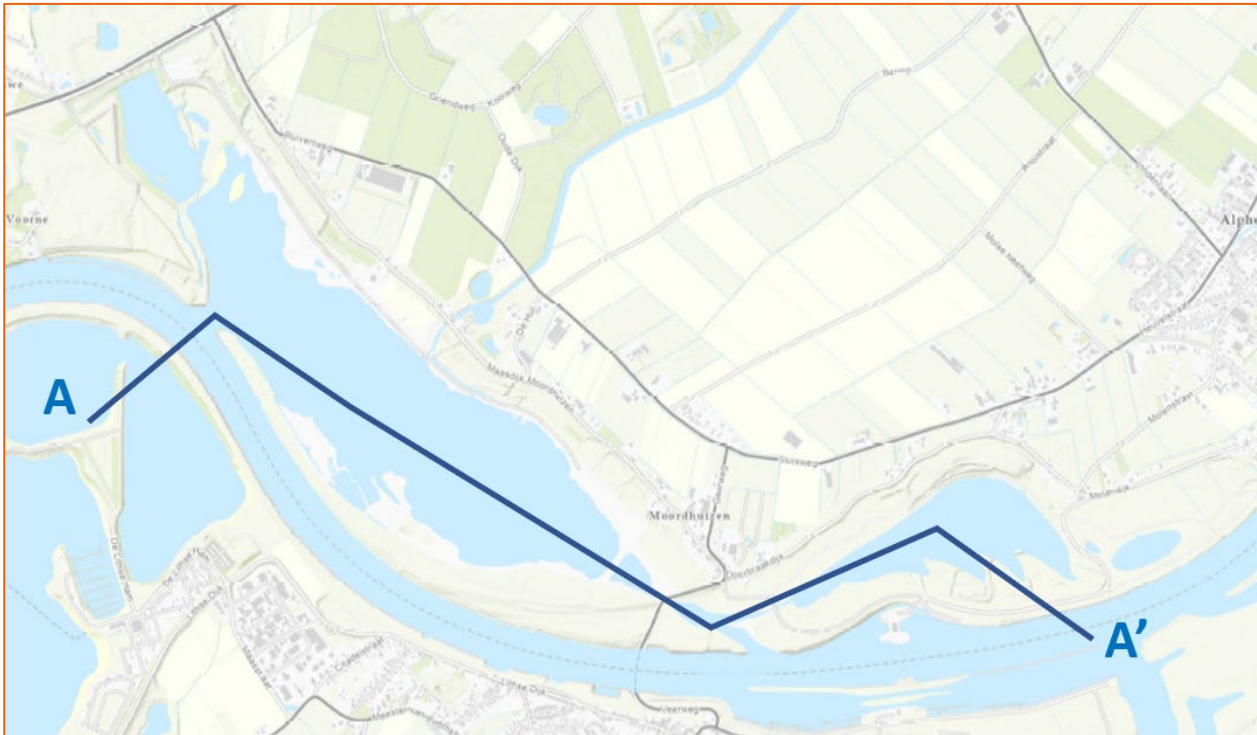
Een conceptueel site model (CSM) is een vereenvoudigde beschrijving en visualisatie van potentiële verontreinigingsbronnen, verspreidingsroutes en potentiële risico's (receptoren). Ook de onzekerheden met betrekking tot de onderzoeksvragen en zaken die nader uitgezocht moeten worden hierin behandeld.

Het conceptueel model is opgezet om inzicht te verschaffen in de relevante processen en handelingen in relatie tot het plangebied van project Over de Maas, en om te bepalen op welke plaatsen aanvullende metingen of informatie nodig zijn.

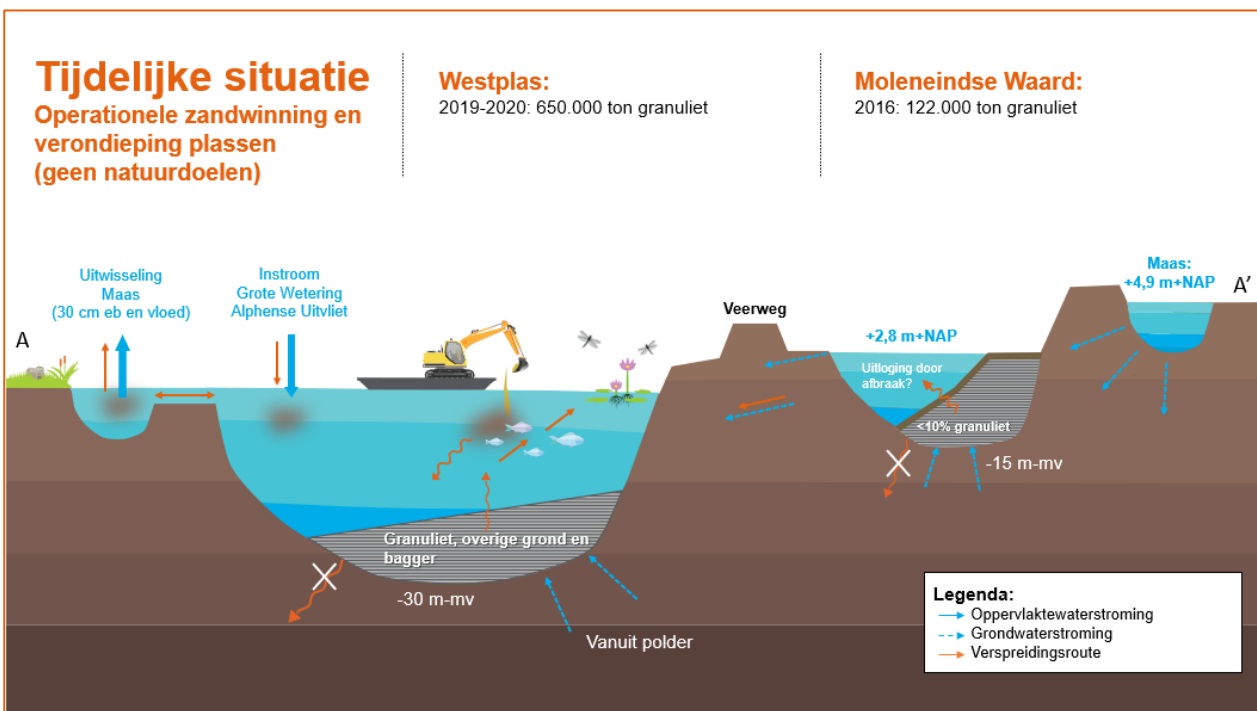
Om de stroming, verspreidingsroutes en effecten weer te kunnen geven is een (vereenvoudigde) dwarsdoorsnede van het plangebied gemaakt (zie afbeelding 4.2). Dit betreft de huidige situatie.

Er wordt hier nadrukkelijk ingegaan op de toepassing en de effecten van het granuliet zelf. De effecten van de zandwinning, verondieping en andere toegepaste (gebiedseigen) grond en baggerspecie vallen buiten de onderzochte scope, maar kunnen invloed hebben op het wel of niet kunnen trekken van conclusies. Indien dit het geval is, dan wordt dit duidelijk gemeld.

De dwarsdoorsnede met de vereenvoudigde weergave van stroming, verspreidingsroutes en effecten is niet genomen langs een rechte lijn, maar zoals weergegeven in afbeelding 4.1. In deze aangepaste doorsnede kunnen de verschillen in waterhoogtes van de plassen en de Maas beter worden geïllustreerd zoals die bestaan tijdens de aanleg van de Westplas en de uitvoering van het praktijkonderzoek.



Afbeelding 4.1 Ligging dwarsdoorsnede A-A' ten behoeve van het conceptueel model.



Afbeelding 4.2 CSM huidige situatie, met de Westplas in uitvoering links en de Moleneindse Waard op definitief peil rechts.

De stroming van het water door het gebied loopt van rechts naar links, van de bovenstroomse Maas naar de Moleneindse waard en via de Westplas weer naar de benedenstroomse Maas. Ook vindt er instroom van grondwater uit de achterliggende polder plaats, mondt de Grote Wetering via de Alphense Uitvliet uit in de Westplas, en vindt er (grond- en oppervlaktewater)stroming naar de benedenstroomse Maas plaats.

## Een gebied en plas in ontwikkeling

De situatie in afbeelding 4.2 is een tijdelijke situatie van een operationele zandwinning en verondieping in de Westplas, op welke plaats op dat moment nog geen natuurdoelen gelden (anders dan zorgplicht). De natuurdoelen zijn opgesteld voor de eindsituatie van het project. Er kan in de tijdelijke situatie wel blootstelling van vissen, evertabrata (ongewervelde dieren) en planten plaatsvinden. Tijdens de uitvoering verandert de plas ook voortdurend van omvang, van niet bestaand tot maximaal tot eindsituatie. Het is daarom niet gebruikelijk om tussentijdse natuurdoelen te stellen.

### *Moleneindse Waard*

De Moleneindse Waard is in 2014 tot en met 2016 ontgrond en vanaf 2016 verondiept met onder andere granuliet. Minder dan 10% van de verondieping heeft plaatsgevonden met granuliet, de overige 90% bestaat uit aangevoerd bodemmateriaal klasse AW en gebiedseigen grond. Dit percentage overige is inclusief de afdeklaag. De werkzaamheden aan de Moleneindse Waard hebben plaatsgevonden tot in de loop van 2017.

Tijdens de aanleg van de Moleneindse Waard in 2014-2017 week de geohydrologische situatie af van de huidige situatie vanwege de invaartopening van de Moleneindse Waard bovenstrooms van de stuw van Lith. In 2016 was het waterpeil in de Moleneindse Waard hoger waardoor er infiltratie naar de polder plaatsvond. Dit was echter een tijdelijk effect wat inmiddels volledig is opgeheven in de huidige situatie. De Moleneindse Waard is inmiddels afgerond en de invaartopening van de Maas naar de Moleneindse Waard is dichtgemaakt. De verbinding tussen de Westplas en de Moleneindse Waard is dicht, er is hierdoor geen oppervlaktewaterstroming van de Moleneindse Waard naar de Westplas. In de eindsituatie wordt de dijk van de huidige veerweg vervangen door een brug, hierdoor vindt een kleine instroom via de inlaat bij de Maas plaats en kan water vanuit de Moleneindse Waard via de overstort naar de Westplas stromen. Wel vindt er in de tijdelijke situatie in afbeelding 4.2 en de eindsituatie grondwaterstroming van de Moleneindse Waard naar de Westplas en de Maas plaats. Het waterpeil van de Moleneindse Waard wordt op 2,8 m +NAP gehouden, waardoor er water vanuit de Maas, via het grondwater naar de Moleneindse Waard stroomt. Ook stroomt er water via het grondwater van de Moleneindse Waard naar de Westplas (onder de veerweg door), en naar de benedenstroomse Maas. Vanuit de polder stroomt het grondwater naar beide plassen. Beide plassen draineren naar het oppervlaktewater, wat betekent dat er geen oppervlaktewater vanuit de plas naar het grondwater van de naastgelegen polder stroomt.

Voor de afronding van de Moleneindse Waard is een afdeklaag (leeflaag) van bodemmateriaal uit het eigen project opgebracht van minimaal 0,5 meter dik. Onder de afdeklaag zijn granuliet en overige van binnen en buiten het projectgebied afkomstige grondstromen toegepast. Het toegepaste granuliet in de Moleneindse Waard is ouder dan in de Westplas. Mocht er afbraak van het polyacrylamide hebben plaatsgevonden, waarbij theoretisch gezien acrylamide vrij zou kunnen komen, dan zou dit mogelijk in de Moleneindse Waard gemeten kunnen worden.

### *Westplas*

In de Westplas zijn in de periode van de verondieping met granuliet, naast granuliet overige grondstromen toegepast. Het granuliet is aan de oostzijde van de Westplas toegepast (ten oosten van de met gebiedseigen bodemmateriaal opgespoten onderwaterdam). De hoeveelheid granuliet ten oosten van deze onderwaterdam en de verhouding met het ander bodemmateriaal varieert hier. De schepen met granuliet en overige grondstromen zijn op dezelfde loslocaties geleegd. Hierdoor ontstaat er gelaagdheid van grondstromen in het bodemprofiel. Ook zijn er deellocales in de Westplas te onderscheiden waar op basis van ontvangen reconstructiegegevens, aaneengesloten lagen granuliet worden verwacht.

Door de grondwaterstroming vanuit het omliggende gebied richting de plas (door het aangebrachte bodemmateriaal heen) verplaatst grondwater vanuit granuliet zich richting de plas. De grondwaterstroming door het granuliet is lager dan door het omliggende overige bodemmateriaal vanwege de lagere doorlaatbaarheid van het granuliet.

In de Westplas zal in de eindsituatie een afdeklaag van 3 meter aangelegd zijn. In de periode tussen 30 juni en 22 september 2020 is in het (uiterst) oostelijk deel van de Westplas de afdeklaag aangebracht (zie §5.3.2). Uit informatie van Over de Maas CV volgt dat hiervoor zand uit de Westplas op grote diepte is opgezogen en met een sproeiponton is aangebracht. Uit informatie van Over de Maas CV volgt dat de betreffende zandzuiger met sproeiponton na de zomerperiode in 2021 terugkomt om de rest van de afdeklaag aan te brengen.

De natuurwaarden zullen zich na aanleg gaan herstellen vanuit het omliggende gebied. Blootstelling aan mogelijke verontreiniging vindt plaats via het oppervlaktewater, er vindt geen verspreiding naar het grondwater van de polder plaats.

Andere in- en uitgaande waterstromen in het projectgebied zijn het water van de Grote Wetering, wat via de Alphen Uitvliet naar de Westplas stroomt, en de bovenstroomse en benedenstroomse Maas.

### 4.3 Praktijkonderzoek en veldwerkzaamheden

Het praktijkonderzoek is erop gericht om relevante parameters te analyseren op die plekken waar op basis van het CSM deze stoffen aangetroffen zouden kunnen worden. Er wordt daarbij gebruik gemaakt van een groot aantal monsterlocaties en een breed pakket aan te analyseren parameters en beproevingen.

#### Speciale aandacht acrylamide en barium

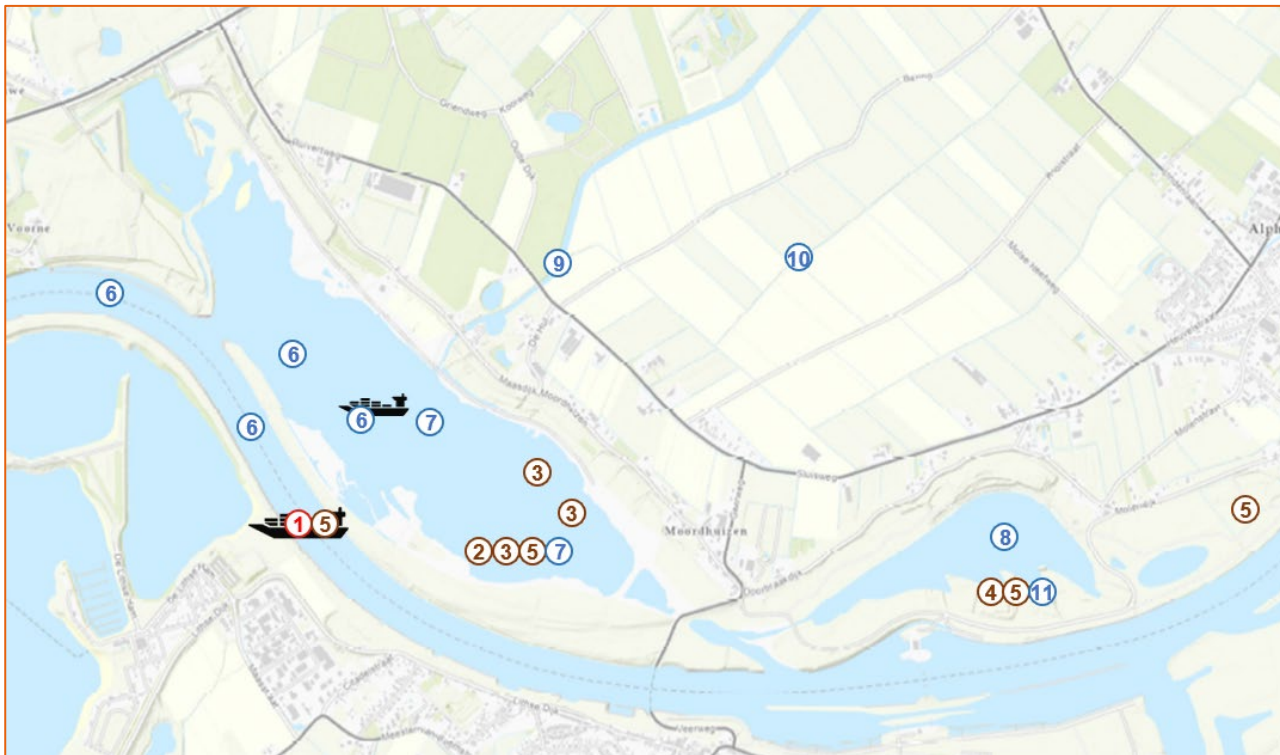
Behalve barium ligt in dit onderzoek vooral de nadruk op polyacrylamide en acrylamide, vanwege de (mogelijke) aanwezigheid in het granuliet. Polyacrylamide is een polymeer dat niet kan worden geanalyseerd in veldmonsters. Daarom is gekeken naar het vrijkomen van acrylamide, wat wel met specifieke analyses gemeten kan worden. Polyacrylamide bindt sterk aan sediment. De verwachting is dat alle in het productieproces toegevoegde polyacrylamide aan granuliet is gebonden. Acrylamide is een goed oplosbare stof die niet of nauwelijks aan de bodem adsorbeert. Dit betekent dat het meetbaar is in de waterfase. Bovendien is de detectiegrens in water lager (0,1 µg/l) dan in grond (10 µg/kg).

#### Keuze meetlocaties en soort beproevingen

Op basis van de waterstromen is het niet waarschijnlijk dat stoffen die mogelijk uitlogen uit het granuliet zich verplaatsen naar het grondwater in de binnendijkse polder. De waterstromen zijn zodanig, dat indien stoffen uitlogen, deze via het grond- en oppervlaktewater verplaatst worden naar het oppervlaktewater van de Westplas, de Moleneindse waard en uiteindelijk het benedenstroomse Maaswater.

Er heeft bemonstering van het granuliet in beunschepen plaatsgevonden. Op verschillende locaties zijn van de waterbodem, het grondwater en oppervlaktewater monsters genomen ten behoeve van het onderzoek of zijn ter plaatse metingen uitgevoerd. In tabel 4.1 staat aangegeven welke onderzoeken op welke locatie zijn uitgevoerd. De nummers van de locaties verwijzen naar de nummers in figuur 4.3. De volgende soorten onderzoeken zijn uitgevoerd:

- Onderzoek profilering waterbodem. Er is een pilot uitgevoerd met een subbottom profiler in de Westplas.
- Analyse milieuhygiënische samenstelling. Dit betreft een uitgebreid pakket van verontreinigingsparameters (inclusief barium) en acrylamide.
- Schudtesten acrylamide. In het vrijkomende water bij schudtesten kunnen op acrylamide en zware metalen met een lagere detectiegrens worden gemeten dan in grondmonsters.
- Fysische samenstelling/korrelgrootteverdeling. Ter ondersteuning van de zintuiglijke identificatie van granuliet en fysische isolatie van andere toegepaste grondstromen.
- Geochemie. Chemische analyses in waterbodem- en oppervlaktewater. De geochemische omstandigheden kunnen variëren met de diepte en hebben effect op o.a. de verschijningsvorm van barium.
- Bioassays. Screening op ecotoxiciteit door middel van de watervlo en/of de dansmug.



Afbeelding 4.3 Schematische weergave locaties monsternamen waterbodem (bruin) en oppervlaktewater/grondwater (blauw) en beunschepen granuliet (rood).

Tabel 4.1. Veldwerkzaamheden met soort beproevingen

Nr.	Locatie	Milieuhygiënische kwaliteit	Fysische samenstelling	Schudtesten acrylamide	Geochemie	Bioassays	SBP-metingen	Gerapporteerd in bijlage
<b>Granuliet beunschepen/ waterbodem Westplas en Moleneindse Waard</b>								
1	Bemonstering granuliet beunschepen (3x)	X	X	selectie		X		F, K, L
2	Waterbodem Westplas						X	G
3	Bemonstering Waterbodem Westplas	X	X	selectie		X		H, K, L
4	Bemonstering bodemprofiel landtongen Moleneindse Waard	X	X	selectie				J, K
5	Granuliet, waterbodem Westplas, en gebiedseigen klei voor bioassays	X	X			X		L

Nr.	Locatie	Milieu- hygië- nische kwaliteit	Fysische samen- stelling	Schud- testen acrylamide	Geo- chemie	Bio- assays	SBP- metingen	Gerap- porteerd in bijlage
<b>Grondwater/oppervlaktewater</b>								
6	Oppervlaktewater tijdens lossen granuliet, tussen losponton en uitstroomopening Maas, Maas bovenstrooms en benedenstrooms	X			X			I
7	Oppervlaktewater boven waterbodem (meerdere diepten) Westplas – bij geen losactiviteiten	X			X			I
8	Oppervlaktewater boven waterbodem (meerdere diepten) Moleneindse Waard	X			X			I
9	Oppervlaktewater Grote Wetering	X			X			I
10	Grondwater omgeving	X			X			J
11	Grondwater landtongen Moleneindse Waard	X			X			J

De resultaten van bovenstaande onderzoeken zijn weergegeven in de hieronder opgesomde bijlagen, en gebruikt voor de evaluatie van de onderzoeksvragen in de volgende hoofdstukken.

- Bijlage F: Partijkeuringen beunschip bemonsteringen granuliet
- Bijlage G: Subbottom profiler – pilotproef Westplas
- Bijlage H: Milieuhygiënisch waterbodemonderzoek Westplas
- Bijlage I: Oppervlaktewateronderzoek
- Bijlage J: Milieuhygiënisch grondwateronderzoek
- Bijlage K: Schudproeven granulietmonsters en analyse flocculant
- Bijlage L: Bioassays en natuurdoelen

De verzamelde informatie in het veld is gecombineerd met de informatie die tijdens het vooronderzoek is verzameld. In de volgende hoofdstukken wordt deze informatie gebruikt voor de beantwoording van de onderzoeksvragen.

## 5 WAAR IS GRANULIET TOEGEPAST IN ODM?

### 5.1 Informatiebronnen

Binnen het projectgebied Over de Maas is granuliet toegepast in de Moleneindse Waard (2016) en in de Westplas (2019 en 2020). In het gat van Van Deursen is geen granuliet toegepast. De reconstructie van de hoeveelheden granuliet, overige grond en baggerspecie en locatie van de toepassing in de Westplas en Moleneindse Waard is gebaseerd op:

- Peilgegevens, Over de Maas CV.
- GPS-data loslocaties (alleen Westplas), Over de Maas CV.
- Hoeveelheden registratie, Over de Maas CV.
- Controlemetingen en proefboringen waterbodembodem en landtongen, Arcadis.

#### Peilgegevens ver(on)dieping plassen

Het verrichten van deze peilingen is een voorschrift dat is opgenomen in de ontgrondingsvergunning. De peilingen met een boot (meetmethode multibeam) worden in opdracht van Over de Maas CV uitgevoerd door een onafhankelijk landmeetbureau. De meetmethode kent een hoge nauwkeurigheid (diepte afwijking in orde van grootte +/- 1 cm). Over de Maas CV heeft direct belang bij een hoge nauwkeurigheid van de meetmethode in verband met financiële verrekening van de gewonnen hoeveelheden zand. Dit wordt gebaseerd op deze peilgegevens.

#### GPS-data loslocaties

De vrachtschepen die granuliet en overige grond en baggerspecie van buiten het projectgebied aanvoeren worden in hoofdzaak gelost vanaf een losponton in de plas. Het losponton is verankerd met spudpalen. Door Over de Maas CV worden met een GPS-systeem de loslocaties in de Westplas geregistreerd. Hierdoor worden de loslocaties binnen de tijdlijn dat verondieping met granuliet plaatsvindt nauwkeurig vastgelegd. In de Moleneindse Waard (2016) is deze techniek nog niet gebruikt. De registratie van de loslocaties is niet voorgeschreven in de vergunningen.

Vanaf de losplaats kan het granuliet zich vervolgens zijwaarts begeven. Via een kraan worden de grondstromen (inclusief granuliet) vanuit het schip in een stortkoker gebracht. Deze koker reikt tot 3 meter onder de waterspiegel. De granuliet/grondstromen vloeien langs de hellingen naar beneden, en kunnen zich zo zijwaarts verplaatsen vanaf het losponton. Tijdens het geleidelijke vulproces van de plas wordt de locatie van het losponton regelmatig verplaatst.

#### Hoeveelhedenregistratie

De in dit hoofdstuk opgenomen hoeveelheden toegepast gebiedsvreemd en gebiedseigen bodemmateriaal in de Moleneindse Waard en Westplas zijn gebaseerd op door Over de Maas CV aangeleverde gegevens. Ieder vrachtschip bezit begeleidingsformulieren waarin de hoeveelheden in tonnen zijn geregistreerd. Over de Maas CV heeft Brabob B.V. in de hand genomen om de administratie rondom de acceptatie en toepassing van partijen grond en baggerspecie uit te voeren. Bij de omrekening van de hoeveelheid granuliet van tonnen naar kubieke meters in de plas is daarbij een omrekeningsfactor gehanteerd, respectievelijk 1,8 (Moleneindse Waard) en 1,85 (Westplas).

#### Proefboringen Waterbodembodem Westplas en landtongen Moleneindse Waard

In januari 2021 is in opdracht van Arcadis een waterbodemonderzoek uitgevoerd in het oostelijk deel van de Westplas. Binnen de Moleneindse Waard zijn boringen gezet ter plaatse van de landtongen. Het doel van deze onderzoeken is om steekproefsgewijs de aangeleverde reconstructiegegevens te controleren, en om het verwachte gelaagde aanvulpatroon van toegepaste grondstromen te bevestigen.

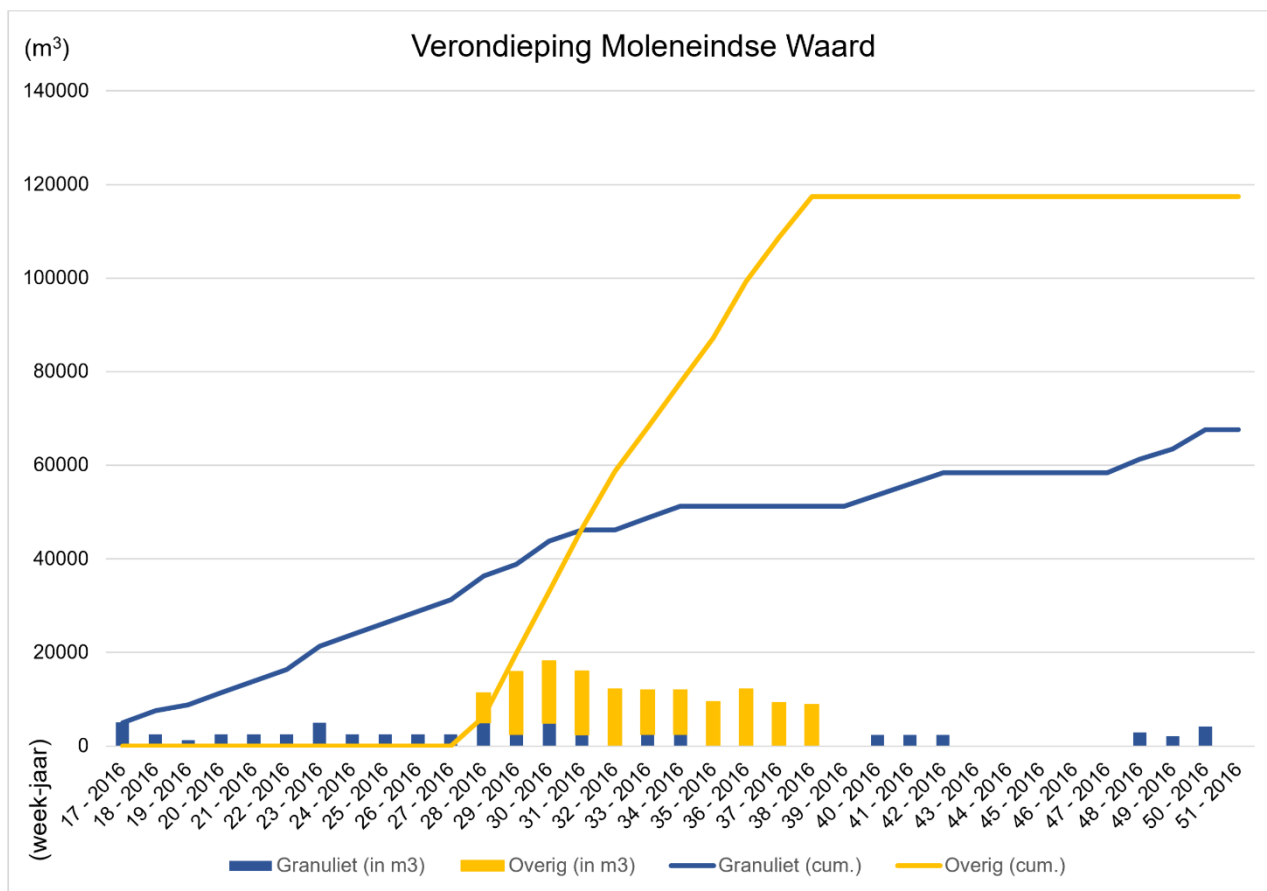
## 5.2 Moleneindse Waard

### 5.2.1 Hoeveelheden

#### Grondstromen met herkomst buiten het projectgebied

In de periode van week 17 t/m 50 van 2016 is in totaal 121.667 ton (omgerekend 67.593 m<sup>3</sup>) granuliet per vrachtschip met herkomst GIB toegepast in de Moleneindse Waard.

In afbeelding 5.1 is in staafdiagrammen per week de hoeveelheid toegepast granuliet en/of overige grond en baggerspecie weergegeven. De lijnen in de afbeelding geven cumulatief de hoeveelheden granuliet en overige grond en baggerspecie weer. Uit afbeelding 5.1 volgt dat in bovengenoemde periode naast granuliet ca. 120.000 m<sup>3</sup> overige grond en baggerspecie met herkomst buiten het projectgebied is toegepast.



Afbeelding 5.1 Volume toegepast granuliet (blauw) en overige van buiten het projectgebied toegepaste grond en baggerspecie (geel) in de Moleneindse Waard

#### Grondstromen met herkomst projectgebied Over de Maas

In 2016 zijn behalve de grondstromen van buiten het projectgebied, omvangrijke hoeveelheden bodemmateriaal toegepast met herkomst uit het projectgebied Over de Maas. In deze periode is gebiedseigen bovengrond toegepast die tijdelijk opgeslagen lag langs de dijk (naar schatting 300.000 m<sup>3</sup>). In 2016 heeft een reconstructiezuiger zand opgezogen uit het diepe deel van de Moleneindse Waard en in de herinrichting van de plas gespoten (minimaal 400.000 m<sup>3</sup>). Beide gebiedseigen grondstromen vormen samen het overgrote deel van het toegepaste volume in 2016. De aanvoer van grondstromen uit het eigen projectgebied zijn door Over de Maas CV niet meer per weeknummer te reproduceren. In de afdeklaag (dikte minimaal 0,5 m) zijn volgens opgave van de Over de Maas CV uitsluitend grondstromen uit het eigen project verwerkt (voornoemd opgezogen zand en gebiedseigen bovengrond).



Op basis van de volumebalans van in 2016 van buiten en van binnen het projectgebied toegepaste grondstromen wordt het volume aandeel granuliet binnen de gerealiseerde verondieping (reconstructie) van de Moleneindse Waard berekend op <10%.

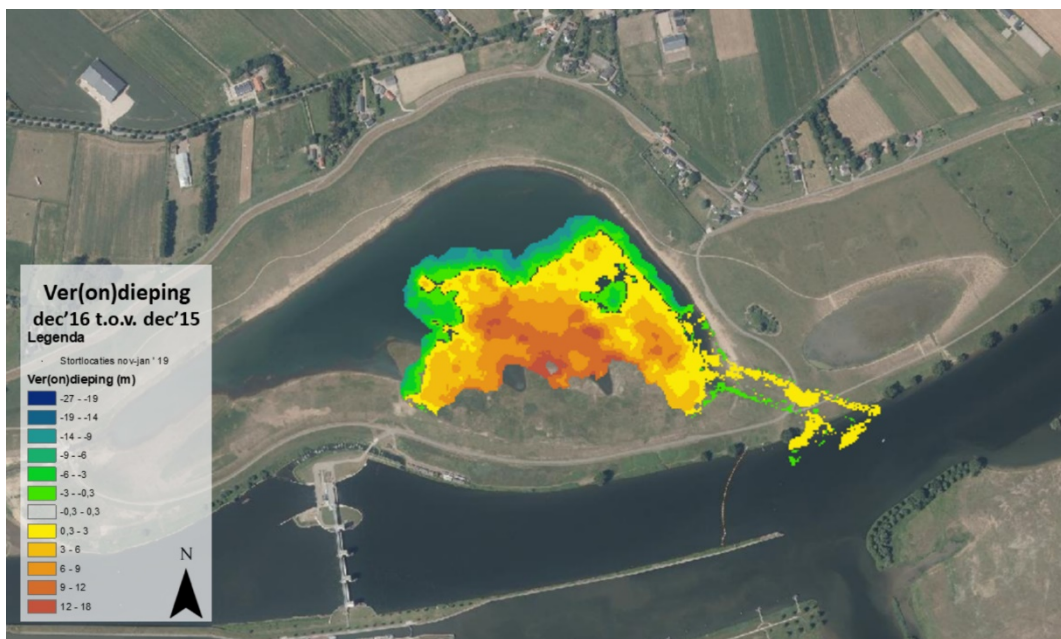
## 5.2.2 Reconstructie lokalisering granuliet

In de Moleneindse Waard is in de periode van week 17 t/m 50 van 2016 granuliet toegepast. In deze plas zijn peilingen verricht voorafgaand, tijdens en na beëindiging van de aanvoer van granuliet. De hoogtekaarten van deze peilingen zijn opgenomen in bijlage E van het bijlagen rapport.

Om de ver(on)dieping over deze periode te reconstrueren zijn de meetresultaten op basis van de peilingen van december 2016 ten opzichte van december 2015 over elkaar geplaatst. In afbeelding 5.2 zijn de verschillen in bodemhoogtes in de plas over deze periode weergegeven.

Uit de afbeelding volgen de locaties waar netto ver(on)dieping binnen de plas heeft plaatsgevonden. De kleuren in de afbeelding duiden de pakketdikte (meters) van de ver(on)dieping. De verondieping is gerealiseerd met grondstromen met herkomst van binnen en buiten het projectgebied Over de Maas.

Uit afbeelding 5.2 volgt dat in 2016 verondieping aan de zuid(oost)zijde van de Moleneindse Waard heeft plaatsgevonden. Uit het verschil tussen beide peilingen volgt dat de pakketdikte van de toegepaste grondstromen binnen de Moleneindse Waard varieert (maximaal ca. 12 meter). De verondieping is onder andere gerealiseerd met granuliet.



Afbeelding 5.2 Ver(on)dieping Moleneindse Waard december 2016 t.o.v. december 2015 (in meters, een positief getal betekent een verondieping in de betreffende periode)

Medio 2017 zijn de herinrichtingswerkzaamheden in de Moleneindse Waard afgerond.

## 5.2.3 Controle lokalisering granuliet Moleneindse Waard

Binnen de Moleneindse Waard bevinden zich drie landtongen. Ter plaatse van deze landtongen heeft in 2016 verondieping plaatsgevonden. In het kader van dit review-onderzoek is op elke landtong een peilbuis geplaatst (3 peilbuizen). Dit om het bodemprofiel af te leiden en de kwaliteit van het grondwater te onderzoeken.

In boring 103 (meest oostelijke landtong) is op basis van zintuiglijke waarnemingen granuliet herkend in het bodemtraject van 10 tot 12 m. Op basis van de resultaten van een zeefkromme analyse is het bodemmateriaal in dit traject geïdentificeerd als granuliet. In de twee boringen op de andere landtongen is visueel geen granuliet waargenomen.

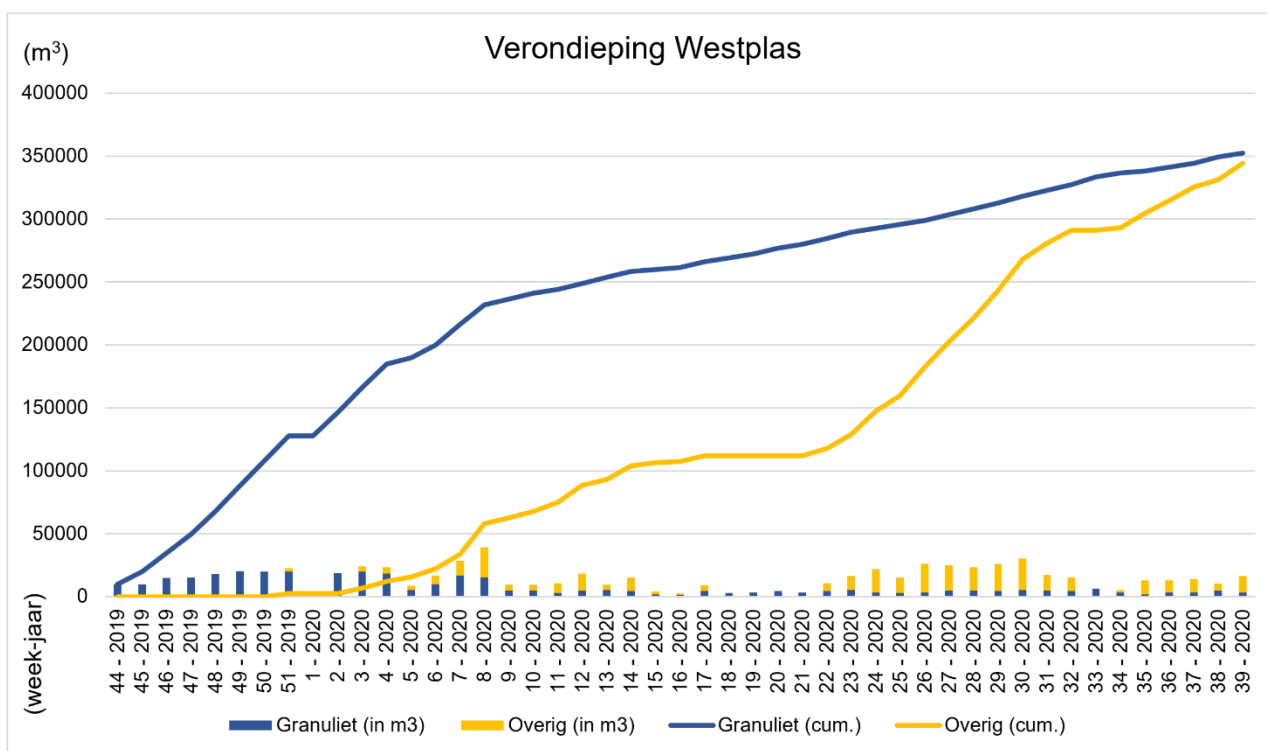
De boorprofielen van de geplaatste peilbuizen en de identificatie van het granuliet in boring 103 is opgenomen in het grondwateronderzoek (bijlage J van het bijlagenrapport).

## 5.3 Westplas

### 5.3.1 Hoeveelheden

In de periode van week 44 van 2019 t/m week 39 van 2020 is in totaal 651.646 ton (omgerekend 352.242 m<sup>3</sup>) granuliet per vrachtschip met herkomst GIB toegepast in de Westplas. In week 44 t/m 50 van 2019 en in week 2 van 2020 is uitsluitend granuliet toegepast. Na deze periode is verhoudingsgewijs het aandeel granuliet binnen de totale externe aanvoer van grond en baggerspecie in de Westplas afgenomen. In 2020 is in week 46 het laatste vrachtschip granuliet toegepast geweest in de Westplas.

In afbeelding 5.3 is in staafdiagrammen per week de hoeveelheid toegepast granuliet en/of overige grond en baggerspecie weergegeven. De lijnen in de afbeelding geven cumulatief de hoeveelheden granuliet en overige grond en baggerspecie weer. Uit afbeelding 5.3 volgt dat in bovengenoemde periode naast granuliet, een vergelijkbare hoeveelheid grond en baggerspecie (ca. 345.000 m<sup>3</sup>) met herkomst buiten het projectgebied is toegepast.



Afbeelding 5.3 Volume toegepast granuliet (blauw) en overige van buiten het projectgebied toegepaste grond en baggerspecie (geel) in de Westplas

### Grondstromen met herkomst projectgebied Over de Maas

In de periode tussen 30 juni en 22 september 2020 heeft in de Westplas opspuitwerk plaatsgevonden door een reconstructiezuiger die materiaal uit het diepe deel van de plas heeft opgezogen en in een onderwaterdam gedeponerd. Dit op de grens tussen diep en ondiep water. De onderwaterdam is aangelegd om te voorkomen dat toegepaste grond en baggerspecie (verondieping) in het diepe deel van de plas uitstromen. Het granuliet is oostelijk van deze dam aangebracht, ook voordat de dam is aangelegd. In deze periode is tevens zand in het uiterst oostelijk deel van de Westplas gedeponerd. Dit ten behoeve van toepassing hiervan in de afdeklaag van deze opvulvakken.

De totale hoeveelheid gebiedseigen zand die in de periode tussen 30 juni en 22 september 2020 is verplaatst is door Over de Maas CV berekend op ca. 676.700 m<sup>3</sup>.

### 5.3.2 Reconstructie lokalisering granuliet

In de Westplas zijn peilingen verricht voorafgaand en in de periode van toepassing van granuliet. Dit op navolgende momenten:

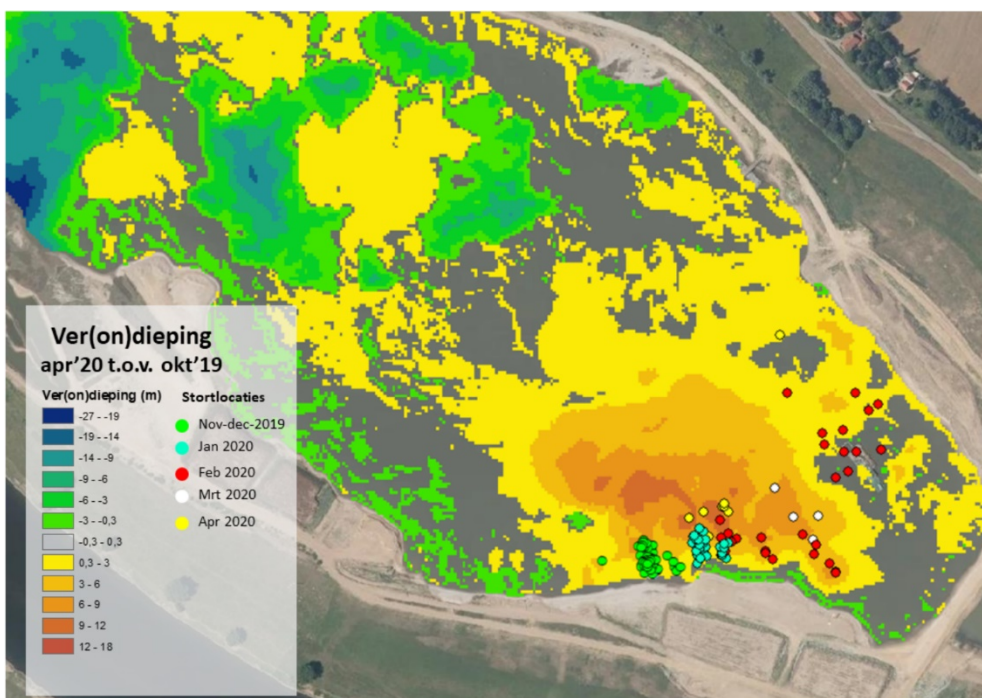
- 14 oktober 2019 (voorafgaand aan toepassing met granuliet)
- 20 december 2019
- 3 april 2020
- 30 juni 2020
- 20 augustus 2020
- 22 september 2020

De hoogtekarten van deze peilingen zijn opgenomen in bijlage E van het bijlagen rapport.

Om de ver(on)dieping over deze periode inzichtelijk te maken zijn de meetresultaten op basis van bovengenoemde peilingen over elkaar geplaatst. In afbeelding 5.4 en 5.5 zijn de verschillen in bodemhoogtes in de plas weergegeven. Dit over de volgende tijdsperiodes:

- 03-04-2020 ten opzichte van 14-10-2019
- 22-09-2020 ten opzichte van 14-10-2019

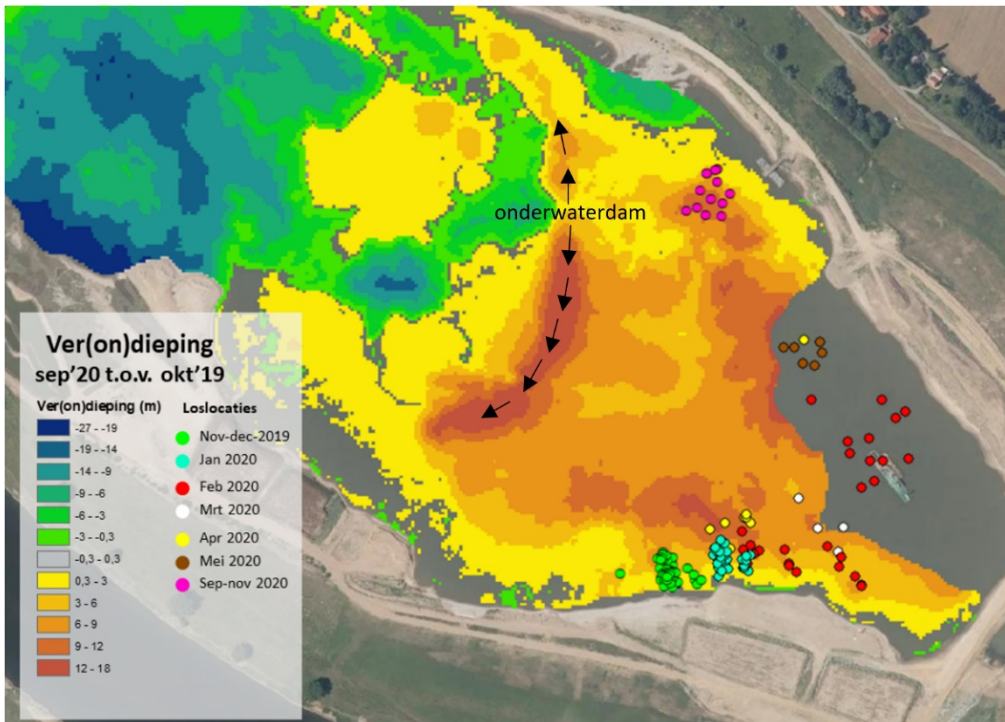
De afbeeldingen van de Westplas zijn teruggebracht tot het deel van de plas waar granuliet is toegepast. Dit betreft uitsluitend het oostelijk deel van de Westplas. De kleuren in de afbeelding duiden de pakketdikte (meters) van de ver(on)dieping. De bolletjes in de afbeeldingen duiden de loslocaties met granuliet. De kleur van de bolletjes duidt de tijdsperiode waarin het granuliet is toegepast.



Afbeelding 5.4 Ver(on)dieping Westplas 03-04-2020 t.o.v. 14-10-2019 (in meters, een positief getal betekent een verondieping in de betreffende periode)

#### Toelichting

In de beschouwde periode heeft uitsluitend in het oostelijk deel van de Westplas verondieping met granuliet plaatsgevonden. In 2020 zijn in het oostelijk deel van de Westplas naast granuliet, grond en baggerspecie met externe herkomst toegepast. Dit vanaf dezelfde loslocaties waar granuliet is toegepast.



Afbeelding 5.5 Ver(on)dieping Midden en oostelijk deel Westplas 22-09-2020 t.o.v. 14-10-2019 (in meters, een positief getal betekent een verondieping in de betreffende periode)

#### Toelichting

In de beschouwde periode heeft uitsluitend in het oostelijk deel van de Westplas verondieping met granuliet plaatsgevonden. In de periode tussen 30 juni en 22 september 2020 is een onderwaterdam opgespoten met gebiedseigen bodemmateriaal. In laatstgenoemde periode is zand gedeponeed in het uiterst oostelijk deel van de Westplas. Dit ten behoeve van de hier gerealiseerde afdeklaag. Hierdoor konden met de boot op 22 september 2020 binnen het uiterst oostelijk deel van de Westplas geen metingen worden verricht. Dit verklaart waarom in het uiterst oostelijk deel van de Westplas in de afbeelding geen verondieping wordt getoond. Door Over de Maas CV worden met een GPS-systeem de loslocaties in de plas geregistreerd. Over de periode week 11 t/m 13 van 2020 en week 21 t/m 38 (juni t/m eind september) van 2020 heeft deze techniek om technische redenen niet gefunctioneerd. Uit navraag bij Over de Maas CV bevonden de loslocaties begin juni 2020 zich in de nabijheid van de loslocaties in mei 2020. Daarna zijn de posities van de loslocaties opgeschoven naar de loslocaties van oktober/november 2020.

De afbeeldingen 5.4 en 5.5 bevestigen de verondieping aan de oostzijde van de Westplas in de periode dat onder andere granuliet is toegepast. De pakketdikte van de verondieping over deze periode varieert sterk. Ten oosten van de opgespoten onderwaterdam varieert de pakketdikte van minder dan een meter tot plaatselijk meer dan 12 meter in de diepere delen van de plas. Uit de reconstructie volgt dat de verondieping aan de randen van dit deel van de plas geringer is omdat de aanvangsdiepte ook geringer is. Op sommige plaatsen zal geen granuliet aanwezig zijn.

De oppervlakte van het oostelijk deel van de Westplas (ten oosten van de opgespoten onderwaterdam) wordt berekend op circa 17,5 hectare. In de beschouwde periode is in dit deel van de Westplas ca. 700.000 m<sup>3</sup> granuliet en overige grond en baggerspecie toegepast (zie afbeelding 5.3). Dit komt overeen met een gemiddelde pakketdikte van 4 meter. Hiervan is ongeveer de helft granuliet en de andere helft betreft overige externe grond en baggerspecie.

De gekleurde bolletjes in afbeelding 5.5 duiden de locaties van het losponton. In algemene zin zal de verondieping vanaf deze bolletjes richting het diepste punt van de plas toenemen. Dit is herkenbaar in de afbeelding. Ook de gelaagdheid en afwisseling van granuliet en grond/bagger zal naar het midden van de plas toenemen. Ter plaatse van en in de directe omgeving van de loslocaties en met name bij de groene bolletjes (november en december 2019) worden aaneengesloten lagen granuliet in het bodemprofiel verwacht. Uit informatie van Over de Maas CV volgt dat het losponton regelmatig is verplaatst in de periode dat granuliet en overige grond en baggerspecie is toegepast (vanaf de rand van de plas naar binnen).

### 5.3.3 Controle lokalisering granuliet Westplas

Als onderdeel van de controlemetingen is ook een pilot uitgevoerd met een akoestische meettechniek (SBP). De verkregen informatie van de profielopbouw van de waterbodem bleek te beperkt en is niet verder gebruikt. De rapportage van de pilot SBP is voor de volledigheid opgenomen in bijlage G van het bijlagenrapport.

#### Waterbodemonderzoek

In januari 2021 is in opdracht van Arcadis een waterbodemonderzoek uitgevoerd in het oostelijk deel van de Westplas. In het onderzoek zijn vanaf een schip mechanische boringen geplaatst tot een diepte van ca. 3 meter in de waterbodem. Het doel van dit onderzoek is om steekproefsgewijs de aangeleverde reconstructiegegevens te controleren, en om het verwachte gelaagde aanvulpatroon van toegepaste grondstromen in het oostelijk deel van de Westplas te bevestigen.

Daartoe is op drie deellocaties een onderverdeling van raaien met boringen gepland:

- (ZO) – verwachting: aantreffen aaneengesloten (dikke) lagen granuliet (boring 101 t/m 108);
- (NO) – verwachting: aantreffen afwisselende (dunne) lagen granuliet en grond en/of baggerspecie (201 t/m 205);
- (OO) – verwachting: afdeklaag met daaronder afwisselende (dunne) lagen granuliet en grond en/of baggerspecie (boring 301 t/m 303).

In afbeelding 5.6 zijn links de diverse verrichte boringen binnen de deellocaties (ZO) en (OO) weergegeven. Rechts in de afbeelding zijn de boringen in het profiel B – B' opgenomen. Uit de boringen volgt dat onder de waterkolom in het bodemprofiel, aaneengesloten lagen granuliet worden aangetroffen. In boring 103 is op het granuliet een dunne slib- en zandlaag aangetroffen. In de boringen 104 t/m 106 en 108 (dieper in de plas en verder van de loslocaties) volgt meer afwisseling in bodemlagen van granuliet en/of slib en zand.


In de boringen 301 t/m 303 binnen deellocatie (OO) is onder de waterkolom in het bodemprofiel een aaneengesloten zandpakket met een dikte van minimaal 3 meter aanwezig.

De boorprofielen binnen de deellocaties (ZO) en (OO) bevestigen de verwachting op basis van de door Over de Maas beschikbaar gestelde reconstructiegegevens.



Afbeelding 5.6 Links, controleboringen deellocatie ZO en OO Westplas inclusief loslocaties granuliet, rechts profielen boringen raai B – B'

#### Legenda

-  Hoofdbestanddeel zand
-  Hoofdbestanddeel slib
-  Hoofdbestanddeel granuliet
-  Hoofdbestanddeel slib, laagjes granuliet

In afbeelding 5.7 zijn links de diverse verrichte boringen binnen de deellocatie (NO) weergegeven. Rechts in de afbeelding zijn de boringen in het profiel C – C' opgenomen. Uit de boringen volgt dat onder de waterkolom in het bodemprofiel, zand, zand met brokken granuliet, (dunne) lagen granuliet en klei worden aangetroffen. De boorprofielen bevestigen het patroon van afwisselende bodemlagen als gevolg van het lossen van granuliet en overige grond en baggerspecie vanaf hetzelfde lospunt. Het profiel in de waterbodembodem stemt overeen met de door Over de Maas beschikbaar gestelde reconstructiegegevens.



Afbeelding 5.7 Links, controleboringen deellocatie NO Westplas inclusief loslocaties granuliet, rechts profielen boringen raai C – C'

#### Legenda

	Hoofdbestanddeel zand
	Hoofdbestanddeel granuliet
	Hoofdbestanddeel klei
	Hoofdbestanddeel zand, brokken granuliet

## 5.4 Conclusies reconstructie granuliet

Op basis van de hoeveelheden registratie, GPS-data van de loslocaties en de peilresultaten van de Over de Maas CV is een beeld gevormd van de verondiepingen. De verwachte aanwezigheid van lagen granuliet is vervolgens steekproefsgewijs getoetst met een gericht aantal boringen in de Waterbodembodem. De resulterende bevindingen komen overeen met de informatie van Over de Maas CV.

**In de Westplas** is granuliet toegepast aan de oostzijde van de opgespoten onderwaterdam, waarbij de toegepaste dikte varieert van minder dan een meter aan de randen, tot plaatselijk meer dan 12 m. Er is sprake van een afwisseling van veelal dunne lagen granuliet, andere grond en baggerspecie, tot dikke aaneengesloten lagen granuliet.

**In de Moleneindse Waard** varieert de totale aangebrachte pakketdikte sterk, van minder dan een meter tot maximaal ca. 12 meter. Binnen dit pakket bevinden zich lagen granuliet. Verdere details ontbreken. Op basis van reconstructiegegevens kan binnen dit pakket geen eenduidige toepassingslocatie van granuliet worden herleid.

## 6 MILIEUHYGIËNISCHE KWALITEIT GRANULIET

### 6.1 Inleiding

Bij de beoordeling van de milieuhygiënische kwaliteit van granuliet zijn de volgende gegevens betrokken:

1. Controle resultaten kwaliteitsbewaking granuliet.
2. Beunschipsbemonsteringen (partijkeuringen) voorafgaand aan toepassing in Over de Maas.
3. Resultaten boringen in de waterbodem van de Westplas en landtongen Moleneindse Waard.
4. Analyse van de gebruikte flocculant.

Onderdeel 1 heeft betrekking op bemonsteringen door GIB zelf. De onderdelen 2, 3 en 4 zijn onafhankelijk uitgevoerd in opdracht van Arcadis. Voor onderdeel 2 is tevens gebruik gemaakt van bemonsteringen die in opdracht van Rijkswaterstaat zijn uitgevoerd. Daarnaast heeft GIB ook duploanalyses laten verrichten op deze bemonsteringen. Deze analyses zijn ook in de beoordeling betrokken. Eventuele relevante verschillen in de kwaliteit van granuliet zijn beschouwd over de periode dat toepassing hiervan binnen Over de Maas heeft plaatsgevonden. Tot slot heeft ook een onafhankelijke analyse van de flocculant plaatsgevonden.

### 6.2 Controle resultaten kwaliteitsbewaking granuliet

Bij de beoordeling van de resultaten van de periodiek door GIB verrichte kwaliteitscontrole van de productiestroom van granuliet is ook de externe kwaliteitsbewaking van belang. Daarom zijn behalve de resultaten ook de toelatingsaudit en periodieke auditverslagen van de erkende certificeringsinstelling op dit productcertificaat gecontroleerd. Daar gaan we eerst op in.

#### 6.2.1 Externe kwaliteitsbewaking (audits certificeringsinstelling)

Op 17 augustus 2009 heeft Intron Certificatie een toelatingsaudit uitgevoerd gebaseerd op de BRL 9321. Dit is vastgelegd in een door GIB beschikbaar gesteld verslag van de toelatingsaudit IZG-035/1 NL BSB productiecertificaat industriezand en (gebroken) industriegrind met projectnummer C014800, augustus 2009. Door Intron Certificatie is geconstateerd dat het kwaliteitssysteem van GIB in voldoende mate is gedocumenteerd en daarmee voldoet aan de eisen van BRL 9321- Daarmee beschikt GIB voor granuliet sinds 2009 over een NL BSB productcertificaat industriezand en (gebroken) industriegrind. Op basis van het productcertificaat in relatie tot vernoemde BRL voldoet het granuliet aan de milieuhygiënische kwaliteit "Achtergrondwaarden<sup>1</sup>" (klasse AW). Het certificaat heeft betrekking op het product granuliet voor de wingebeden Bremanger, Noorwegen en Glensanda (Schotland).

Op 19 maart 2015 is door Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving met een beschikking erkenning aan GIB verleend, voor de werkzaamheid produceren van bouwstoffen, grond of baggerspecie voor de beoordelingsrichtlijn (BRL) 9321. Dit met ingangsdatum 20 maart 2015 voor onbepaalde tijd.

#### Analyseprogramma

In het auditverslag van de toelatingsaudit is een opsomming opgenomen van de periodiek door de producent te analyseren stoffen:

- Lutum en organische stof.
- Zware metalen (barium, cadmium, kobalt, koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel, zink).
- Minerale olie.
- PCB (polychloorbifenylen).
- PAK (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen).
- Chloride.

<sup>1</sup> Achtergrondwaarden: deze zijn vastgesteld op basis van de gehalten aan stoffen zoals die voorkomen in de bodem van natuur- en landbouwgronden in Nederland die niet zijn belast door lokale verontreinigingsbronnen.

## Periodieke audits en verslagen

Voor de instandhouding van voornoemd productcertificaat worden door de certificatie instelling (SGS INTRON) periodieke audits uitgevoerd met een frequentie van (ca.) 1x per kwartaal. De beoordeling door de certificeringsinstelling is gebaseerd op de BRL 9321.

Op basis van de conclusies in voornoemde auditverslagen is door SGS INTRON afgeleid dat GIB in de beoordeelde periode voldoet aan de in de BRL 9321 gestelde eisen. In deze periode is een positief advies gegeven voor het handhaven van het certificaat. Er heeft voor de certificeringsinstelling geen aanleiding bestaan het auditprogramma te wijzigen.

Arcadis heeft de periodieke auditverslagen van SGS INTRON over de periode 2016 en 2019-2020 bij GIB opgevraagd en gecontroleerd.

In bijlage C van het bijlagenrapport is een overzicht uitgewerkt met tekortkomingen die SGS INTRON heeft vastgesteld. Uit de periodieke auditverslagen wordt afgeleid dat de tekortkomingen (non-conformiteit) en getroffen corrigerende maatregelen uitsluitend organisatorisch of administratief van aard zijn. De tekortkomingen die zijn vastgesteld geven geen aanleiding te concluderen dat de kwaliteit van de productiestroom granuliet niet in overeenstemming is met de kwaliteit zoals vastgelegd op het productcertificaat.

### 6.2.2 Interne kwaliteitsbewaking GIB

De certificaathouder (GIB) is verantwoordelijk voor de uitvoering van de kwaliteitszorg. De frequentie van deze controles wordt namens GIB vastgelegd in een overzicht. Betreffend overzicht is een (standaard) beoordelingsaspect in de toetsingslijst van de certificeringsinstelling (SGS INTRON).

Door GIB is op basis van voornoemde auditverslagen van 2016 een keuringsfrequentie van 1x/kwartaal gehanteerd. In de periode 2019-2020 is een frequentie van onderzoek van 1x/maand gehanteerd. Hiervoor wordt dagelijks door GIB een monster genomen van het verse uitgeperste materiaal, alvorens het in depot op het buitenterrein wordt opgeslagen. De dagelijkse monsters worden samengevoegd tot een verzamelmonster van een maandproductie.

#### Analyseprogramma en resultaten

Het laboratoriumonderzoek naar de milieuhygiënische samenstelling van granuliet wordt uitgevoerd op de stoffen zoals in § 6.2.1 voorgeschreven. Toetsing van de analyseresultaten is door GIB uitbesteed aan DIBEC Milieutechnisch Advies. Door GIB zijn de analysecertificaten en door DIBEC verrichte toetsingen (gehalten gecorrigeerd voor een standaard bodem) over voornoemde beoordeelde periode aangeleverd.

Uit de toetsingsresultaten van de aangeleverde reeks verzamelmonsters van de productiestroom granuliet volgt een constante kwaliteit. Het toetsingsresultaat **kwaliteitsklasse achtergrondwaarde (AW)** wordt in alle verzamelmonsters bevestigd.

In tabel 6.1 is voor de perioden 2015/2016 (maart, april 2015 en januari t/m maart 2016) en 2019/2020 (december 2018 t/m augustus 2020) een overzicht uitgewerkt van gemiddelde gemeten concentraties (samenstelling) en spreiding van de onderzochte stoffen in de productiestroom granuliet.

De gemiddelde gehalten over de periode 2015/2016 in vergelijking met de periode 2019/2020 liggen dicht bij elkaar. Met uitzondering van barium wordt voor de diverse stoffen in absolute zin, een betrekkelijk geringe spreiding tussen de verzamelmonsters afgeleid. Het toetsingsresultaat kwaliteitsklasse achtergrondwaarde (AW) wijst erop dat de gemeten gehalten van de onderzochte stoffen in absolute zin laag zijn.

In diverse verzamelmonsters van het granuliet overschrijdt het gemeten en/of het naar standaardbodem gecorrigeerde gehalte de waarde die voorheen werd gehanteerd als interventiewaarde voor barium. De normen voor barium in de Regeling bodemkwaliteit zijn echter ingetrokken. De reden hiervoor is dat de (voormalige) interventiewaarde in veel gevallen lager is dan de gehalten die van nature in de bodem worden aangetroffen. Alleen indien sprake is van verhoogde bariumgehalten ten opzichte van de natuurlijke achtergrondwaarde als gevolg van een antropogene bron, kan dit gehalte worden beoordeeld op basis van de (voormalige) interventiewaarde voor barium van 625 mg/kg ds.



Uit het productieproces (zie §2.2) volgt dat barium niet wordt toegevoegd. Als gevolg van het intrekken van de toetsingsnormen voor barium is deze stof niet van invloed op voornoemd toetsingsresultaat.

De gehalten barium in het granuliet hebben een natuurlijke oorsprong. De oorzaak van de spreiding van gehalten barium in het granuliet is niet nader onderzocht. De verwachting is dat de spreiding in hoofdzaak gelegen is in de gesteenten uit één of beide winningslocaties (groeven). Uit de door GIB beschikbaar gestelde productiegegevens wordt de afgelopen 5 jaar gemiddeld een constante verhouding in de verwerking van beide gesteenten op jaarbasis afgeleid (+/- 4%). Binnen productiedagen kunnen afhankelijk van de in te zetten breek- en zeefinstallaties hier verschillen in optreden.

Tabel 6.1 Gemiddelde en min-max gehalten stoffen granuliet productiestroom 2015/2016 en 2019/2020

Stoffen (samenstelling)	productiestroom 2015/2016 gemiddelde [mg/kg ds]	productiestroom 2019/2020 gemiddelde [mg/kg ds]	productiestroom 2015/2016 min-max [mg/kg ds]	productiestroom 2019/2020 min-max [mg/kg ds]
<b>Droge stof (gew.-%)</b>	82	88	76-96	78-97
<b>Organische stof (% vd DS)</b>	0.4	0.2	0.3-0.4	0.1-0.8
<b>Lutum (% vd DS)</b>	15	12	13-17	3 <sup>1)</sup> -16
<b>pH-CaCl<sub>2</sub> (-)</b>	8.0	7.9	7.7-8.2	7.3-8.3
<b>Metalen</b>				
<b>Barium</b>	540	498	320-820	92 <sup>1)</sup> -1200
<b>Cadmium</b>	0.13	<d	0.12-0.18	-
<b>Kobalt</b>	10.5	8.2	8.1-13.0	7.3-8.9
<b>Koper</b>	8.0	8.1	7.7-9.2	7.1-9.0
<b>Kwik</b>	<d	<d	-	-
<b>Lood</b>	12	12	11-13	11-13
<b>Molybdeen</b>	<d	0.4	-	0.35-0.59
<b>Nikkel</b>	26	25	23-28	18-27
<b>Zink</b>	59	49	50-75	41-57
<b>PAK</b>				
<b>PAK (10 van VROM)</b>	<d	0.07	-	-
<b>PCB</b>				
<b>Som PCB (7)</b>	<d	<d	-	-
<b>Minerale olie</b>				
<b>Minerale olie (C10-C40)</b>	21	19	14-30	14-30
<b>Overige</b>				
<b>chloride</b>	37	59	18-56	7-110

#### Toelichting bij tabel 6.1

- De periode 2015/2016 betreft een gemiddelde over 5 verzamelmonsters
- De periode 2019/2020 betreft een gemiddelde over 20 verzamelmonsters
- Wanneer in een meetreeks sprake is van meetwaarden boven en onder de detectielimiet is voor de meetwaarden onder de detectielimiet een rekenwaarde gehanteerd van  $0.7 \times \text{detectielimiet}$
- De weergegeven concentraties betreffen gemeten concentraties in mg/kg ds (niet gecorrigeerd voor een standaardbodem)
- <d: kleiner dan de detectielimiet
- DS: droge stof
- -: niet van toepassing
- <sup>1)</sup> Uit informatie van GIB d.d. 25 november 2020 volgt dat het monster met een laag lutum- (3%) en bariumgehalte (92 mg/kg ds) vrijwel zeker geen granuliet betreft, maar microzand. GIB heeft navraag gedaan bij het betreffende laboratorium, maar dit bleek niet meer te achterhalen, omdat het monster niet meer in opslag aanwezig was.
- De analyses zijn door partijen bij verschillende laboratoria weggezet. Voor sommige stoffen worden door de laboratoria verschillende detectiegrenzen gehanteerd.

Behalve de stoffen in tabel 6.1 zijn in opdracht van GIB de parameters PFAS (PFOS en PFOA) en acrylamide enkele malen onderzocht (zorgplicht) in bemonsteringen van de productiestroom granuliet en duplomonsters van beunschepen (zie §6.3). In relatie tot acrylamide is daarnaast onderzoek verricht naar samenstelling en uitloging (schudproeven). In het onderzoek naar acrylamide zijn behalve vers ontwaterd granuliet ook oudere monsters uit voorraad betrokken. Uit de analysesresultaten volgt dat deze stoffen niet zijn aangetoond (gehalten beneden de detectielimiet).

## 6.3 Beunschipbemonsteringen granuliet

### Verificatieonderzoeken Geonius

In de periode van 31-10-2019 t/m 24-09-2020 zijn in opdracht van Rijkswaterstaat vijf verificatieonderzoeken verricht op beunschepen met granuliet dat is toegepast in de Westplas (Over de Maas). Dit in haar rol als handhaver in het kader van het Besluit bodemkwaliteit. De verificatieonderzoeken (partijkeuringen) zijn uitgevoerd door een daarvoor erkende en onafhankelijke bodemintermediair gebaseerd op BRL SIKB 1000 en het daarbij behorend protocol 1001.

### Partijkeuringen AT Milieu Advies

In het kader van dit review-onderzoek is de hierboven genoemde reeks van 5 verificatieonderzoeken op de beunschepen uitgebreid. In de periode van 21-10-2020 t/m 6-11-2020 zijn in opdracht van Arcadis hiervoor drie partijkeuringen verricht naar het granuliet in beunschepen, voordat het is toegepast in de Westplas. Ook deze partijkeuringen zijn uitgevoerd door een daarvoor erkende en onafhankelijke bodemintermediair volgens vernoemd protocol 1001. De rapportages van deze partijkeuringen zijn opgenomen in bijlage F.

### Analyseprogramma en resultaten

Van elk beunschip zijn twee mengmonsters van het granuliet samengesteld bestaande uit elk (minimaal) 5 grepen. Bij de partijkeuringen zijn door de bodemintermediair duplomonsters samengesteld. Deze monsters zijn overgedragen aan GIB, zodat zij deze duplomonsters tevens kunnen laten analyseren.

De mengmonsters zijn geanalyseerd op de periodiek door de producent te analyseren stoffen (zie §6.2.1). Het granuliet in de beunschepen is door de bodemintermediairs aanvullend onderzocht op PFAS (PFOS en PFOA), antimoon, arseen, chroom, seleen, tin, vanadium, vluchtige aromaten, vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen, chloorbenzenen, organochloorbestrijdingsmiddelen, pentachloorfenol, sulfaat, bromide, alkylfenolen & cresolen, acrylamide en acrylonitril. Om de genoemde vluchtige verbindingen te onderzoeken zijn steekbussen van het granuliet genomen.

Uit de rapportage van de partijkeuringen wordt afgeleid dat zintuiglijk geen bijmenging van bodemvreemde bestanddelen in het granuliet zijn waargenomen. Ook zijn geen stukjes plastic of asbestverdacht materiaal aangetroffen.

Uit de conclusie van alle acht verrichte beunschiphemonsteringen volgt dat het granuliet voldoet aan **kwaliteitsklasse achtergrondwaarde (AW)**. Er is **geen acrylamide en acrylonitril** aangetoond (gehalten beneden de detectielimiet).

In tabel 6.2 is een overzicht uitgewerkt van de gemiddelde gemeten concentraties (samenstelling) en spreiding in concentraties van de onderzochte stoffen van het granuliet. Hierbij zijn de resultaten van de beunschiphemonsteringen (2019/2020) vergeleken met de verzamelmonsters van de productiestroom granuliet door GIB (2019/2020).

Van de beunschiphemonsteringen zijn alle acht partijkeuringen betrokken, inclusief de resultaten van de duplomonsters die in opdracht van GIB zijn onderzocht. Van de beunschiphemonsteringen beperkt het overzicht in tabel 6.2 zich tot de stoffen die in één of meerdere partijkeuringen tot boven de detectiegrens zijn vastgesteld. Dit betekent dat de overige onderzochte stoffen in gehalten beneden de detectielimiet zijn vastgesteld.

Bij een toetsingsresultaat kwaliteitsklasse Achtergrondwaarde (AW) zijn de gehalten van de onderzochte stoffen in absolute zin laag ten opzichte van de toetsingswaarden. Uit tabel 6.2 volgt dat de gemiddelde gehalten van de beunschiphemonsteringen in 2019/2020 in vergelijking met steekproeven van de productiestroom 2019/2020 dicht bij elkaar liggen. De (geringe) spreiding geeft aan dat er geen relevant verschil is tussen de gehalten in beunschiphemonsteringen en de verzamelmonsters van de productiestroom granuliet.

De gehalten barium van de beunschiphemonsteringen laten net als bij de verzamelmonsters van de productiestroom een grotere spreiding zien. De spreiding in gemeten concentraties barium binnen de afzonderlijk bemonsterde beunschepen is geringer.

Tabel 6.2 Gemiddelde en min-max gehalten stoffen granuliet beunschepen en productiestroom 2019/2020

Stoffen (samenstelling)	Beunschepen 2019/2020 gemiddelde [mg/kg ds]	Productiestroom 2019/2020 gemiddelde [mg/kg ds]	Beunschepen 2019/2020 min-max [mg/kg ds]	Productiestroom 2019/2020 min-max [mg/kg ds]
<b>Droge stof (gew.-%)</b>	79	88	75-82	78-97
<b>Organische stof (% vd DS)</b>	0.4	0.2	0.1-0.7	0.1-0.8
<b>Lutum (% vd DS)</b>	13	12	7-16	3 <sup>1)</sup> -16
<b>pH-CaCl<sub>2</sub> (-)</b>	8.0	7.9	7.3-8.2	7.3-8.3
<b>Metalen</b>				
<b>Arseen</b>	2.7	ng	2.7-3.8	ng
<b>chroom</b>	36	ng	31-42	ng
<b>Tin</b>	1.1	ng	1.0-1.6	ng
<b>vanadium</b>	28	ng	23-38	ng
<b>Barium</b>	598	498	400-980	92 <sup>1)</sup> -1200
<b>Cadmium</b>	<d	<d	-	-
<b>Kobalt</b>	8.3	8.2	7.6-9.0	7.3-8.9
<b>Koper</b>	8.1	8.1	6.4-10	7.1-9.0
<b>Kwik</b>	<d	<d	-	-

Stoffen (samenstelling)	Beunschepen 2019/2020 gemiddelde [mg/kg ds]	Productiestroom 2019/2020 gemiddelde [mg/kg ds]	Beunschepen 2019/2020 min-max [mg/kg ds]	Productiestroom 2019/2020 min-max [mg/kg ds]
<b>Lood</b>	10	12	10-13	11-13
<b>Molybdeen</b>	0.5	0.4	0.4-1.0	0.4-0.6
<b>Nikkel</b>	25	25	21-29	18-27
<b>Zink</b>	50	49	46-57	41-57
<b>PAK</b>				
<b>PAK (10 van VROM)</b>	<d	0.07	-	-
<b>PCB</b>				
<b>Som PCB (7)</b>	<d	<d	-	-
<b>Minerale olie</b>				
<b>Minerale olie (C10-C40)</b>	21	19	14-40	14-30
<b>Overige</b>				
<b>Chloride</b>	61	59	45-98	7-110
<b>Sulfaat</b>	94	ng	59-142	ng

#### Toelichting bij tabel 6.2

- Beunschepbemonsteringen (aantal meetwaarden varieert tussen 9 en 25 en is stofafhankelijk in verband met duplobemonsteringen met ander stoffenpakket)
- Wanneer in een meetreeks sprake is van meetwaarden boven en onder de detectielimiet is voor de meetwaarden onder de detectielimiet een rekenwaarde gehanteerd van  $0.7 \cdot \text{detectielimiet}$
- De weergegeven concentraties betreffen gemeten concentraties in mg/kg ds (niet gecorrigeerd voor een standaardbodem)
- <d: kleiner dan de detectielimiet
- -: niet van toepassing
- <sup>1)</sup> Uit informatie van GIB d.d. 25 november 2020 volgt dat het monster met een laag lutum- (3%) en bariumgehalte (92 mg/kg ds) vrijwel zeker geen granuliet betreft, maar microzand. GIB heeft navraag gedaan bij het betreffende laboratorium, maar dit bleek niet meer te achterhalen, omdat het monster niet meer in opslag aanwezig was.
- De analyses zijn door partijen bij verschillende laboratoria weggezet. Voor sommige stoffen worden door de laboratoria verschillende detectiegrenzen gehanteerd
- DS: droge stof
- ng: niet geanalyseerd

## 6.4 Boringen waterbodem Westplas en landtongen Moleneindse Waard

### 6.4.1 Monsternamen, selectie en analyseprogramma granuliet

In januari 2021 heeft Arcadis een waterbodemonderzoek uitgevoerd in de Westplas en zijn boringen geplaatst op de landtongen van de Moleneindse Waard.

In de Westplas zijn vanaf een schip mechanische boringen geplaatst tot een diepte van ca. 3 meter in de waterbodem. De boorteknik die is ingezet resulteert in ongeroerde monsters van de waterbodem. De opzet en resultaten van dit waterbodemonderzoek zijn opgenomen in bijlage H van het bijlagenrapport.

Op de landtongen van de Moleneindse Waard zijn drie boringen (101 t/m 103) geplaatst. De boringen zijn geplaatst in de verondieping aan de zuidoostzijde van deze plas. Bij de verondieping in 2016 is granuliet toegepast. De boringen zijn vanaf maaiveld doorgezet tot een diepte van circa 12 meter, waarbij ongeroerde monsters van het bodemmateriaal zijn genomen. De resultaten van het onderzoek naar deze landtongen zijn opgenomen in bijlage J van het bijlagenrapport.

## Doel

Het onderzoek aan monsters van waterbodembodem en landboringen heeft meerdere doelen:

1. Controle van de reconstructiegegevens waar granuliet is toegepast. Dit is behandeld in hoofdstuk 5.
2. Controle van de milieuhygiënische kwaliteit van granuliet na toepassing in de waterbodembodem, inclusief het constateren van eventuele wijzigingen.
3. Controle van de milieuhygiënische kwaliteit van granuliet geruime tijd na toepassing (Moleneindse Waard). Treden mogelijk afbraakprocessen op?

## Zintuiglijke identificatie en selectie monsters

Om de milieuhygiënische kwaliteit van het granuliet in de genomen monsters te beoordelen is het noodzakelijk om het granuliet eenduidig te identificeren en isoleren van de overige toegepaste grondstromen. Volledige isolatie van granuliet is niet mogelijk. De samenstelling van granuliet kan in meer of mindere mate beïnvloed zijn door het achtereenvolgens toepassen van andere grondstromen en vervolgens het wegvloeien langs hellingen naar diepere delen in de plas. Dit geldt voor zowel de Westplas als de Moleneindse Waard.

Op basis van zintuiglijke kenmerken als kleur, textuur en consistentie is het granuliet in de boorprofielen van zowel waterbodembodem (Westplas) als in een boring op één van de landtongen (Moleneindse Waard) teruggevonden en duidelijk onderscheiden van zand en/of slib en klei. Voor de Westplas is dit uitgewerkt in enkele profielen in hoofdstuk 5 "Waar is granuliet toegepast?". In de Moleneindse Waard is in boring 103 op de meest oostelijke landtong in het bodemtraject van 10 tot 12 meter een aaneengesloten laag granuliet herkend. In de andere twee boringen is geen granuliet herkend.

Ter ondersteuning van de zintuiglijke identificatie zijn foto's gemaakt van het bodemmateriaal in de boorprofielen (zie afbeelding 6.1 en 6.2). De zintuiglijke identificatie is vervolgens getoetst in het laboratorium met de analyse op onder andere korrelgrootte verdeling.

## Analyseprogramma

### Westplas

Voor de nadere identificatie van de zintuiglijk als granuliet aangeduide monster en vervolgens de milieuhygiënische beoordeling is het volgende analyseprogramma gehanteerd:

- 40x zeefkromme analyse: het percentage minerale delen (verdeeld over diverse fracties) van de monsters is vastgesteld.
- 40x standaard C2-waterbodempakket: dezelfde selectie monsters is geanalyseerd op zware metalen, minerale olie, PAK, PCB, organochloorbestrijdingsmiddelen (OCB), chloorbenzenen en pentachloorfenol.
- 30x analyse op acrylamide.

### Moleneindse Waard

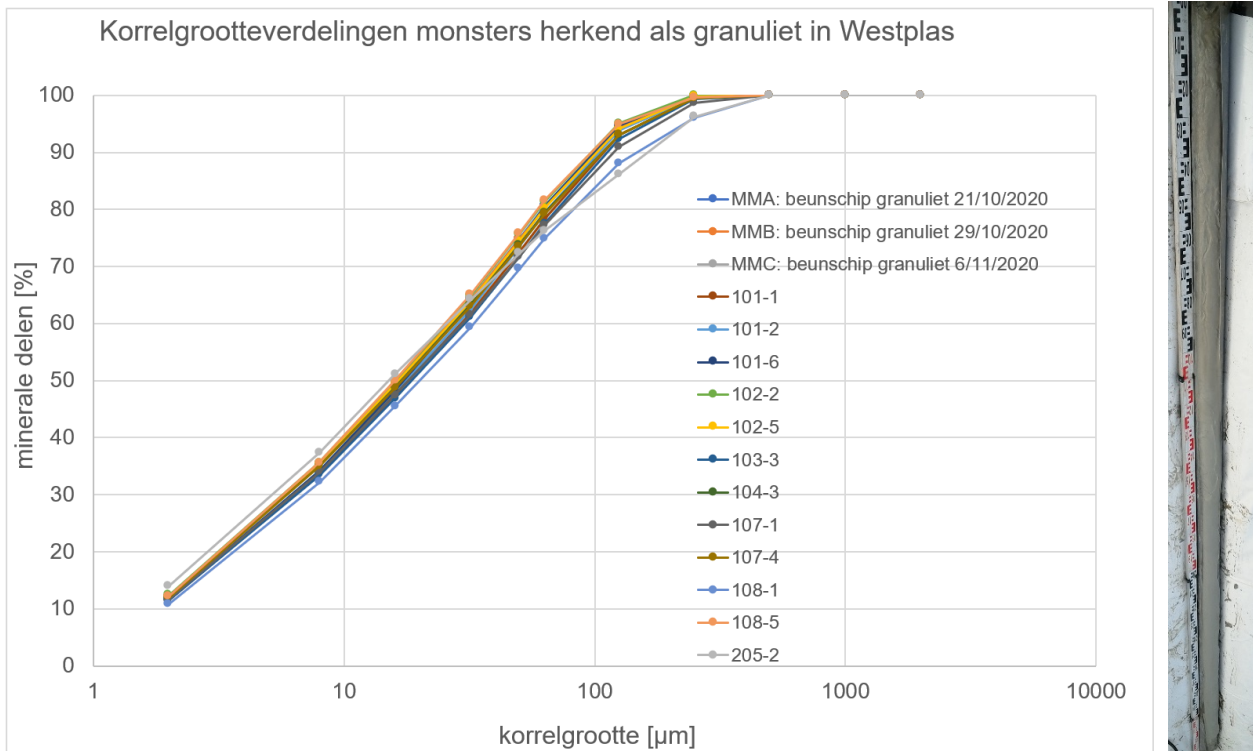
- 5x zeefkromme analyse: het percentage minerale delen (verdeeld over diverse fracties) van de monsters is vastgesteld.
- 2x dezelfde selectie monsters met analyse op zware metalen, minerale olie, PAK, PCB.
- 1x analyse op acrylamide (op dit monster is tevens een schudtest uitgevoerd, zie hoofdstuk 8).

## 6.4.2 Beoordeling fysische eigenschappen (is het granuliet?)

### Westplas

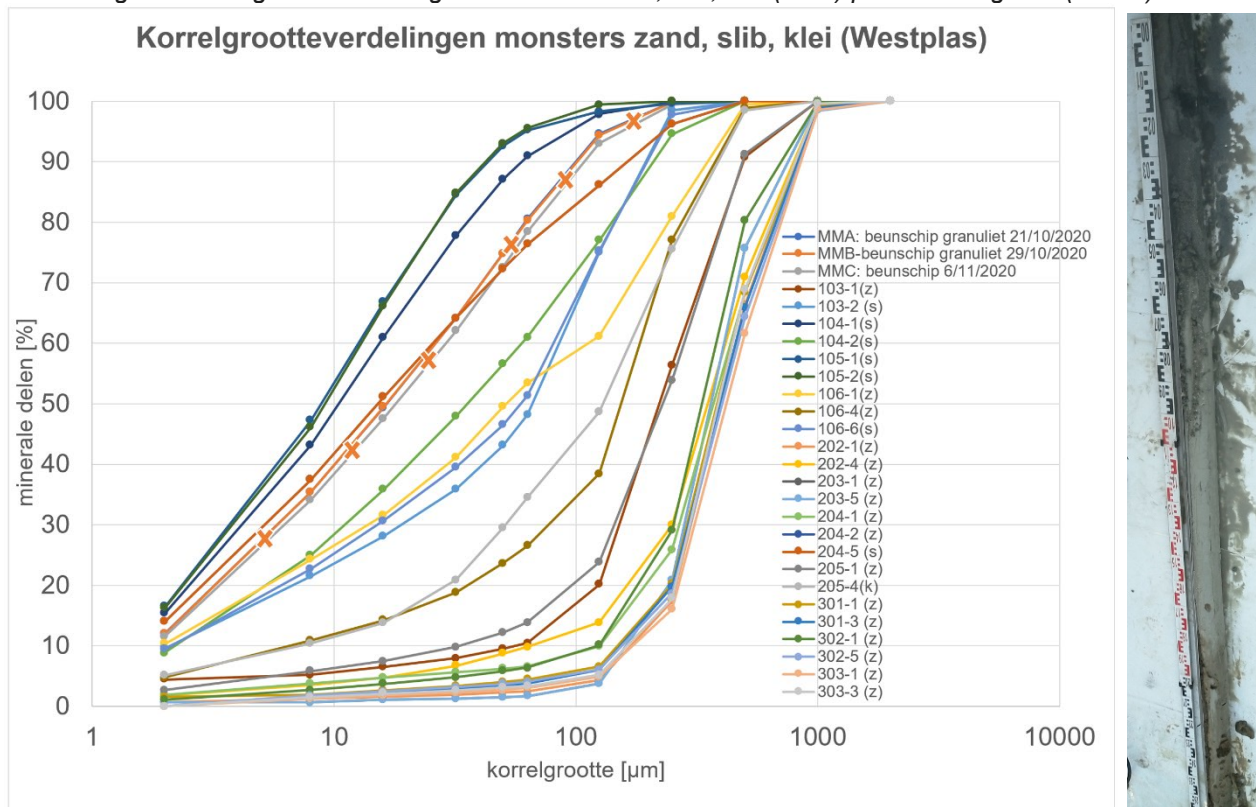
In afbeelding 6.1 zijn de resultaten van de korrelgrootteverdeling (percentage minerale delen onderverdeeld naar fracties) weergegeven van de monsters die als granuliet zijn herkend in aaneengesloten lagen. Ter vergelijking zijn in afbeelding 6.1 tevens de korrelgrootteverdelingen van het bemonsterde granuliet van 3 beunschepen opgenomen (MMA, MMB en MMC).

Afbeelding 6.1 Korrelgrootteverdelingen monsters herkend granuliet in aaneengesloten lagen (links), profiel boring 101 (rechts)



Een selectie van de monsters die in het bodemprofiel herkend zijn als zand, slib of klei zijn ter controle van de identificatie van granuliet ook geanalyseerd op fractieverdeling (percentage minerale delen). In afbeelding 6.2 is de korrelgrootteverdeling van deze monsters weergegeven, waarbij de korrelgrootteverdelingen van het bemonsterde granuliet uit de beunschepen ter vergelijking is meegenomen.

Afbeelding 6.2 Korrelgrootteverdelingen monsters zand, slib, klei (links) profiel boring 205 (rechts)



#### Toelichting:

✕ korrelgrootteverdeling granuliet bemonsterd van beunschepen

(s): monster hoofdbestanddeel zintuiglijk beoordeeld als slib

(z): monster hoofdbestanddeel zintuiglijk beoordeeld als zand

(k): monster hoofdbestanddeel zintuiglijk beoordeeld als klei

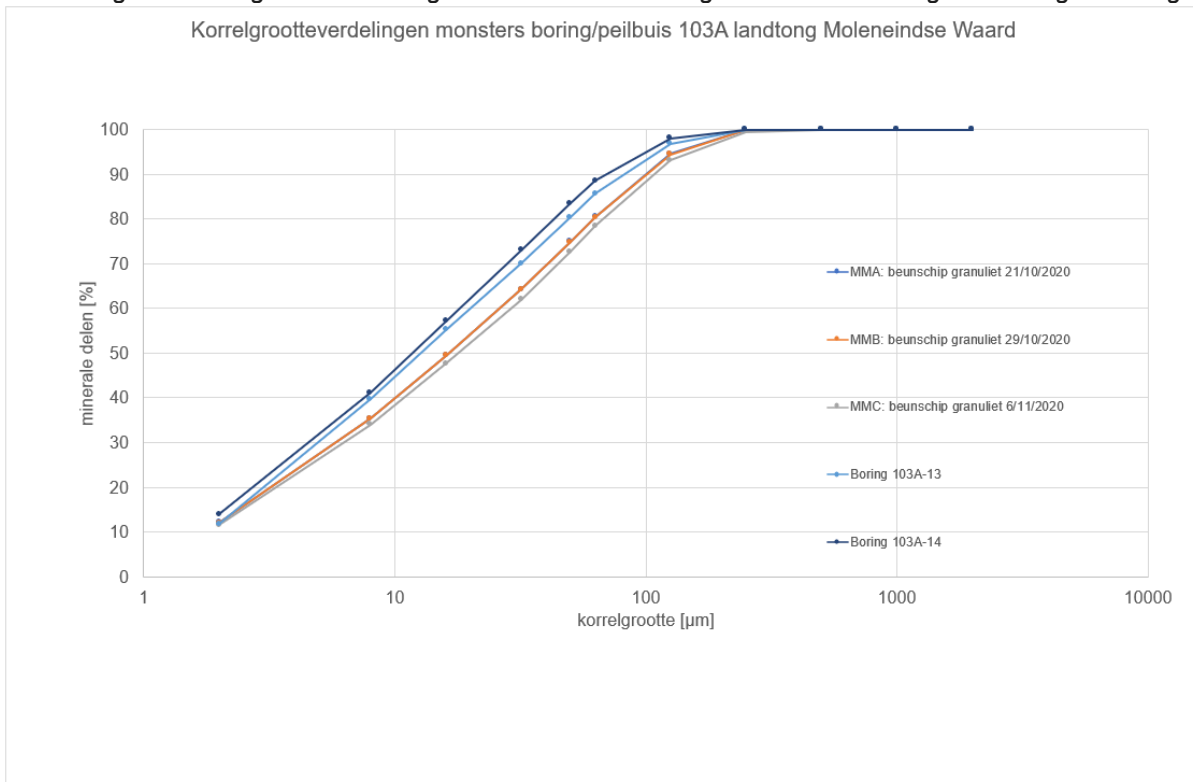
MMA: de fractieverdeling is nagenoeg gelijk aan MMB. De curvus liggen op elkaar. Hierdoor is MMA niet zichtbaar in de afbeelding.

Uit afbeelding 6.1 volgt dat de korrelgrootteverdeling van het granuliet dat in aaneengesloten lagen is herkend, sterk overeenkomt met de verdeling van het granuliet in de beunschepen. De spreiding in korrelverdeling binnen de individuele monsters uit betreffende boringen is gering. Uit afbeelding 6.2 volgt voor de monsters met hoofdbestanddeel zand-, slib- en klei, juist een duidelijk afwijkende korrelgrootte verdeling. Monster 204-5 (s) komt in de buurt bij granuliet maar buigt bij de grovere fracties af van de curve van granuliet.

#### Moleneindse Waard

In afbeelding 6.3 zijn de resultaten van de korrelgrootteverdeling weergegeven van de monsters uit boring 103 (traject 10 tot 12 m) op de landtong van de Moleneindse Waard. In deze boring is zintuiglijk granuliet in een aaneengesloten laag herkend. Ter vergelijking zijn in deze afbeelding tevens de korrelgrootteverdelingen van het bemonsterde granuliet van 3 beunschepen opgenomen (MMA, MMB en MMC). Uit afbeelding 6.3 volgt dat de korrelgrootteverdeling van het granuliet uit beide monsters sterk overeenkomt met de verdeling van het granuliet in de beunschepen. De spreiding in korrelverdeling binnen de individuele monsters is gering en komt sterk overeen met de resultaten van de monsters zoals die ook in aaneengesloten lagen in de Westplas herkend en geïdentificeerd zijn (afbeelding 6.1).

Afbeelding 6.3 Korrelgrootteverdelingen monsters herkend granuliet in aaneengesloten lagen boring 103



MMA: de fractieverdeling is nagenoeg gelijk aan MMB. De curvus liggen op elkaar. Hierdoor is MMA niet zichtbaar in de afbeelding.

## Resumé beoordeling fysische identificatie en isolatie granuliet

Uit de vergelijking van de korrelgrootteverdelingen van zowel Westplas als Moleneindse Waard wordt afgeleid dat aaneengesloten lagen granuliet in het veld goed kunnen worden geïdentificeerd op basis van zintuiglijke waarnemingen. Deze korrelgrootteverdelingen zijn vergelijkbaar met de verdeling van het granuliet in beunschepen. Een geringe beïnvloeding van fijne fracties uit andere, al dan niet parallel toegepaste grondstromen kan niet geheel worden uitgesloten in het open systeem dat een diepe plas is.

### 6.4.3 Milieuhygiënische beoordeling

#### Westplas

De analyseresultaten van de waterbodemmonsters zijn getoetst aan de normwaarden voor toepassen van grond en baggerspecie in oppervlaktewater uit de Regeling bodemkwaliteit. Hieruit volgt de volgende kwalificering:

- Granulietmonsters (geïdentificeerd in aaneengesloten lagen): klasse AW (9x), klasse A (3x).
- Monsters met vermoedelijk dunne laagjes/brokstukken granuliet, maar fysisch niet als zodanig geïdentificeerd: klasse AW (4x).
- Slibmonsters (hoofdbestanddeel): klasse B (7x).
- Kleimonster (hoofdbestanddeel): klasse B (1x).
- Zandmonsters (hoofdbestanddeel): klasse AW (12x), klasse A (1x), klasse B (1x).

Voor alle monsters van het geïdentificeerde granuliet, het slib, klei- en zandmonsters in de Westplas geldt dat **geen acrylamide** is aangetoond (gehalte <0,01 mg/kg ds). De milieuhygiënische kwaliteit van het geïdentificeerde granuliet in de waterbodem wijkt niet in relevante mate af van de kwaliteit vastgesteld in de beunschepen en steekproeven van de productiestromen granuliet.

De kwalificering klasse A in plaats van kwaliteit Achtergrondwaarde (AW) voor de geïdentificeerde monsters granuliet wordt in alle situaties veroorzaakt door het gehalte minerale olie. De gemeten concentratie minerale olie (C10-C40) in deze monsters is in absolute zin laag (46 – 50 mg/kg ds). Uit de resultaten van de beunschepbemonsteringen van het granuliet (zie tabel 6.3) is een gemiddelde concentratie minerale olie berekend van 21 mg/kg ds.



Het in de waterbodern toegepaste granuliet kan niet volledig worden geïsoleerd van overige toegepaste grondstromen. Het is aannemelijk dat het gemeten gehalte minerale olie in het geïdentificeerde granuliet beïnvloed is door andere (parallel) toegepaste grondstromen.

In tabel 6.3 is een overzicht uitgewerkt van de gemiddelde gemeten concentraties (samenstelling) en spreiding in concentraties van de onderzochte stoffen van de geïdentificeerde granulietmonsters. Deze tabel beperkt zich tot de stoffen die tot boven de detectiegrens zijn vastgesteld. Dit betekent dat de overige onderzochte stoffen in gehalten beneden de detectiegrenzen zijn vastgesteld.

Uit tabel 6.3 volgt dat de gemiddelde gehalten van de geïdentificeerde granulietmonsters in de Westplas en de beunschippemonsteringen dicht bij elkaar liggen. Door de (geringe) spreiding binnen de onderlinge steekproeven wordt geen verschil in relevante mate afgeleid. De spreiding in de gemeten gehalten barium binnen de diverse monsters past in het beeld van de spreiding in de bemonsteringen van de beunschepen.

De beunschippemonsteringen bestaan uit mengmonsters van minimaal 50 grepen. Hierdoor zullen gehalten uitmiddelen. Onderscheidend is dat met boringen in de Westplas, puntmonsters van het geïdentificeerd granuliet zijn onderzocht.

Op basis van de verzamelde meetreeks wordt geen eenduidig verschil in milieuhygiënische en/of fysische samenstelling van granuliet afgeleid. Bemonstering op puntniveau of op partijniveau maakt weinig verschil.

Tabel 6.3 Gemiddelde en min-max gehalten stoffen granuliet beunschepen en waterbodern geïdentificeerd als granuliet in de Westplas

Stoffen (samenstelling)	Beunschepen 2019/2020 gemiddelde [mg/kg ds]	Granuliet Westplas gemiddelde [mg/kg ds]	Beunschepen 2019/2020 min-max [mg/kg ds]	Granuliet Westplas min-max [mg/kg ds]
<b>Droge stof (gew.-%)</b>	79	77	75-82	73-80
<b>Organische stof (% vd DS)</b>	0.4	<d	0.1-0.7	-
<b>Lutum (% vd DS)</b>	13	18	7-16	16-19
<b>pH-CaCl<sub>2</sub> (-)</b>	8.0	8.2	7.3-8.2	8.1-8.3
<b>Metalen</b>				
<b>Arseen</b>	2.7	ng	2.7-3.8	ng
<b>chrom</b>	36	ng	31-42	ng
<b>Tin</b>	1.1	ng	1.0-1.6	ng
<b>vanadium</b>	28	ng	23-38	ng
<b>Titaan*</b>	ng	1867	ng	1600-2200
<b>Barium</b>	598	408	400-980	250-770
<b>Cadmium</b>	<d	<d	-	-
<b>Kobalt</b>	8.3	9.1	7.6-9.0	7.4-9.9
<b>Koper</b>	8.1	8.1	6.4-10	6.0-10.0
<b>Kwik</b>	<d	<d	-	-
<b>Lood</b>	10	11	10-13	10-11

Stoffen (samenstelling)	Beunschepen 2019/2020 gemiddelde [mg/kg ds]	Granuliet Westplas gemiddelde [mg/kg ds]	Beunschepen 2019/2020 min-max [mg/kg ds]	Granuliet Westplas min-max [mg/kg ds]
<b>Molybdeen</b>	0.5	<d (1.5)	0.4-1.0	0
<b>Nikkel</b>	25	25	21-29	19-29
<b>Zink</b>	50	47	46-57	40-50
<b>PAK</b>				
<b>PAK (10 van VROM)</b>	<d (0.14)	<d (0.35)	-	-
<b>PCB</b>				
<b>Som PCB (7)</b>	<d	<d	-	-
<b>Minerale olie</b>				
<b>Minerale olie (C10-C40)</b>	21	31	14-40	25-50
<b>Overige</b>				
<b>Chloride</b>	61	ng	45-98	ng

#### Toelichting bij tabel 6.3

- Beunschipsbemonsteringen (aantal meetwaarden varieert tussen 9 en 25 en is stofafhankelijk in verband met duplobemonsteringen met ander stoffenpakket).
- Geïdentificeerde granulietmonsters Westplas (12 meetwaarden).
- Wanneer in een meetreeks sprake is van meetwaarden boven en onder de detectielimiet is voor de meetwaarden onder de detectielimiet een rekenwaarde gehanteerd van  $0.7 \cdot \text{detectielimiet}$ .
- De weergegeven concentraties betreffen gemeten concentraties in mg/kg ds (niet gecorrigeerd voor een standaardbodem).
- \* Titaan: deze stof is niet genormeerd in bijlage B behorende bij hoofdstuk 4 van de Regeling bodemkwaliteit. Het RIVM hanteert in haar index van stoffen voor titaan een landelijke achtergrondconcentratie in grond en sediment van 3.465 mg/kg ds.
- <d: kleiner dan de detectielimiet.
- -: niet van toepassing
- De analyses zijn door partijen bij verschillende laboratoria weggezet. Voor sommige stoffen worden door de laboratoria verschillende bepalingengrenzen gehanteerd.
- DS: droge stof
- ng: niet geanalyseerd.

## Moleneindse Waard

De analyseresultaten van beide monsters geïdentificeerd granuliet uit boring 103 (traject 10 tot 12 m) zijn getoetst aan de normwaarden voor toepassen van grond en baggerspecie in oppervlaktewater uit de Regeling bodemkwaliteit.

Van het aaneengesloten granuliet uit boring 103 (ongeroerd monster 103-11; traject 10,3 - 10,7 m -mv.) is een analyse uitgevoerd op acrylamide. Het gehalte acrylamide ligt <detectielimiet van 0,01 mg/kg ds.

Voor beide monsters volgt de kwalificering klasse AW. De milieuhygiënische kwaliteit van het geïdentificeerde granuliet in de Moleneindse Waard wijkt niet in relevante mate af van de kwaliteit vastgesteld in de beunschepen en steekproeven van de productiestromen granuliet.

## 6.5 Analyse flocculant

Als laatste onderdeel van de beoordeling van granuliet is ook de flocculant die wordt gebruikt bij de productie van granuliet onderzocht. Twee flocculantmonsters van de flocculant P-1715 zijn verkregen via GIB en via Melspring (leverancier flocculant). Deze zijn in het laboratorium van SGS te Antwerpen geanalyseerd op de aanwezigheid van acrylamide (door middel van LC-MS), zie bijlage K. In de flocculant is 0,25 en 0,41 mg/kg acrylamide gemeten (gemiddeld 0,33 mg/kg). Dit is lager dan aangegeven door de producent (150 mg/kg) (Kemira, 2020). Vanwege het aanzienlijke verschil tussen de opgave en de analyse door SGS is dit aanvullend geverifieerd bij een ander laboratorium (RPS). Bij deze analyse is geen acrylamide aangetoond boven de detectiegrens van 10 mg/kg. Dit komt overeen met de analyse die door GIB in 2019 is uitgevoerd (DSM, 2019).

Het gemeten gehalte acrylamide is laag. Wanneer 0,33 mg/kg acrylamide aanwezig is in de flocculant, en de flocculant wordt met een gehalte van 130 mg/kg d.s. aan granuliet toegevoegd, dan resulteert dit (rekenkundig) in een gehalte acrylamide in granuliet van 0,000043 mg/kg d.s. (0,043 µg/kg d.s.). Dit ligt ruim beneden de detectiegrens van 0,010 mg/kg d.s. (10 µg/kg d.s.) in grond en de laagste haalbare detectiegrens die is getest in schudproeven (zie paragraaf 8.3) van 0,001 mg/kg d.s. (1 µg/kg d.s.).

## 6.6 Conclusies beoordeling milieuhygiënische kwaliteit

Uit de controle van de productcertificering, de beunschepen en waterbodemmonsters blijkt dat de milieuhygiënische kwaliteit van granuliet constant is en voldoet aan de klasse achtergrondwaarde (AW).

Er is geen acrylamide aangetoond in het granuliet in de bemonsterde beunschepen. Dit geldt ook voor het granuliet dat is geïdentificeerd in de Westplas (toepassing 2019/2020) en op diepte geïdentificeerd in de Moleneindse Waard (toepassing 2016).

De gehalten barium in het granuliet variëren. Het barium heeft een natuurlijke oorsprong. Er wordt tijdens het productieproces van granuliet geen barium toegevoegd. De verwachting is dat de spreiding in hoofdzaak gelegen is in de gesteenten uit één of beide winningslocaties (groeven). In hoofdstuk 8 wordt nader ingegaan op de gehalten barium in grond- en oppervlaktewater.

## 7 WATER- EN SEDIMENTTRANSPORT

In dit hoofdstuk wordt allereerst beschreven hoe water zich verplaatst door de bodem, waterbodem en het oppervlaktewater. Daarna wordt toegelicht hoe sediment zich kan verplaatsen in het projectgebied.

### 7.1 Grondwaterstroming

#### 7.1.1 Bodemopbouw

De geohydrologie of grondwaterstroming wordt voor een belangrijk deel bepaald door de geologische bodemopbouw van waterdoorlatende zand- en grindlagen, slecht-doorlatende klei- en veenlagen en het grondwaterstromingspatroon door deze lagen.

In algemene zin is de bodemopbouw in het projectgebied als volgt:

- Holocene afzettingen, 3 tot 8 m dik, voornamelijk klei en kleig zand;
- Watervoerend pakket, circa 30 m dik, zandige afzettingen;
- Afsluitende kleilaag, lokale geohydrologische basis (Formatie van Waalre) op een diepte van circa 35 m.

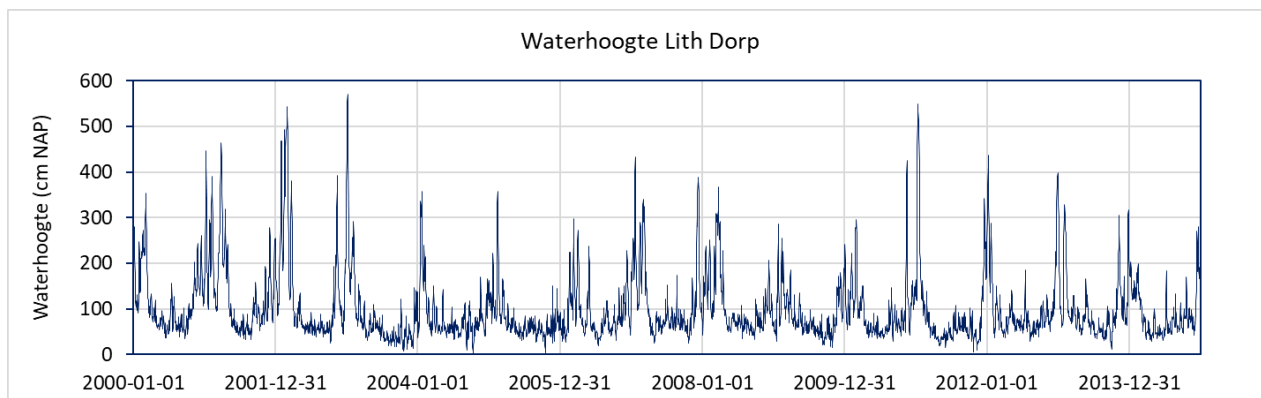
Over het projectgebied loopt een breuklijn van noordwest naar zuidoost, ongeveer tussen de Westplas en de Moleneindse Waard door. Hierdoor komt de afsluitende kleilaag van de Formatie van Waalre ten zuidoosten van de breuklijn vanaf ca. 35 en 40 m diepte voor. Maar ten noordoosten van de breuklijn is deze kleilaag erg dun en ligt de top van deze laag op circa 17 m diepte. Door de verticale verplaatsing van de bodemlagen langs de breuklijn is het watervoerend pakket in het zuidoosten opgebouwd uit andere Formaties (Kreftenheye, Sterksel en Beegden) dan ten noordoosten van de breuk (Kreftenheye, Peize en Waalre). In beide zones bestaat het profiel vooral uit zandige afzettingen, afzettingen die dit gebied geschikt maken voor de zandwinning.

#### 7.1.2 Grondwaterstanden en stroming

Globaal en voor aanvang zandwinning

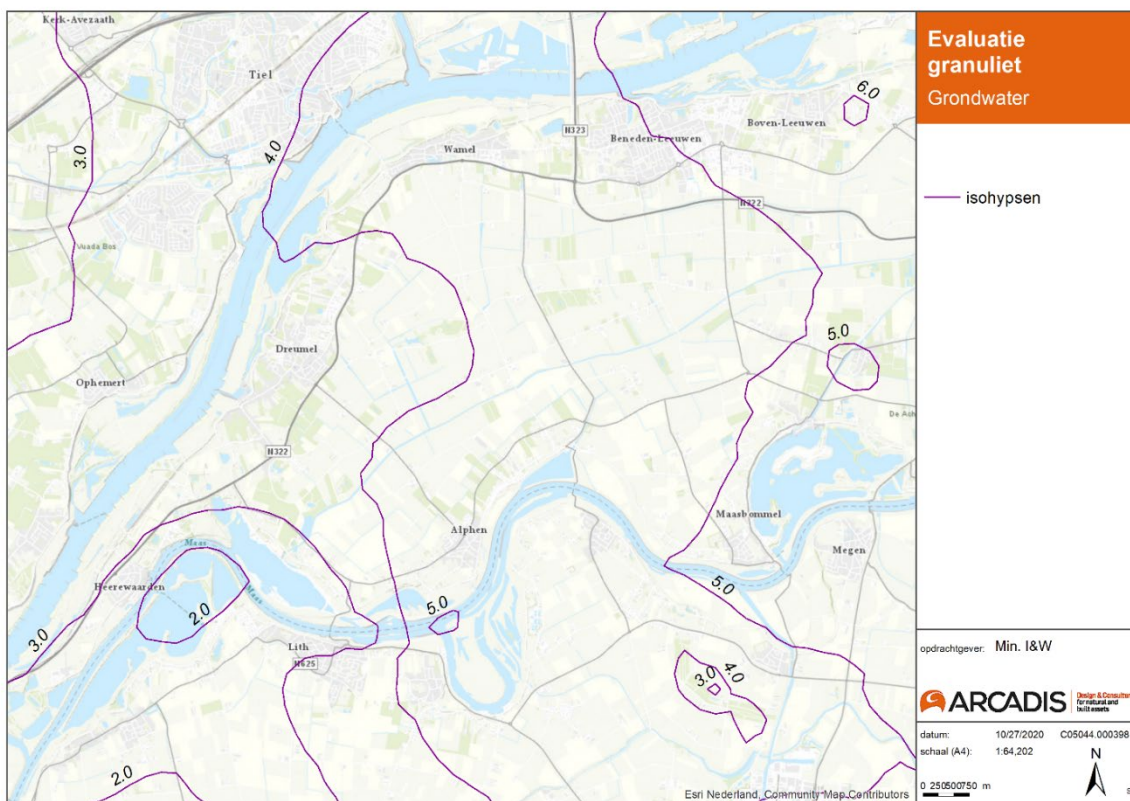
Ondiep worden de grondwaterstanden sterk gestuurd door aan de ene kant de polderpeilen binnendijks en aan de andere kant het waterpeil van de Maas. De polderpeilen van de percelen ten noorden van het project Over de Maas variëren tussen NAP +3,95 en +3,40 m (zomerpeil) en NAP +2,60 en +3,30 m (winterpeil). Ondiep grondwater van de binnendijkse percelen wordt via drains en watergangen afgevoerd naar de Grote Wetering en via het gemaal Quarles van Ufford naar de Maas, oorspronkelijk via de Alphense Uitvliet in de uiterwaarden, nu via de Westplas. Dit vindt plaats via vrij verval. Alleen indien de Maas hoog staat treedt het gemaal in werking.

De Maas heeft twee verschillende peilen: bovenstrooms van de stuw bij Lith is het peil gemiddeld NAP +4,90 m, benedenstrooms van de stuw ca. NAP +1 m. Het peil benedenstrooms (Afbeelding 7.1) was tussen 2000 en 2016 gemiddeld NAP +0,99 m en fluctueerde tussen NAP +0 m en +5,7 m.



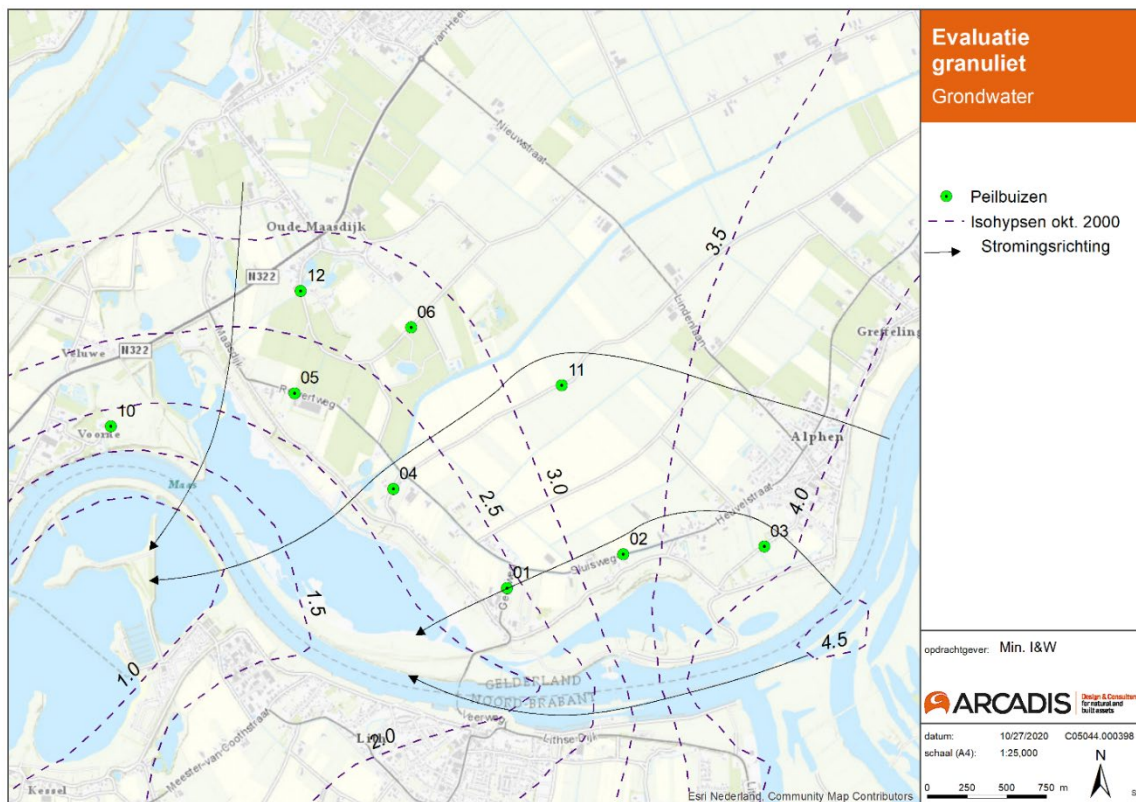
Afbeelding 7.1 Waterhoogten van de Maas bij Lith dorp tussen 2000 en 2016.

De stijghoogten in het eerste watervoerend pakket worden vooral beïnvloed door de waterstanden in de Maas en verder naar het noorden de Waal. Lokaal beïnvloeden de polderpeilen de stijghoogten. Dit resulteert in een regionaal grondwaterstromingspatroon dat ten oosten van Over de Maas van oost naar west is gericht en ten westen van het projectgebied de Waal en Maas in meer zuidwestelijke richting volgt (zie isohypsenpatroon ofwel lijnen met gelijke stijghoogte in afbeelding 7.2). Verder ligt ten zuiden van Maren-Kessel de drinkwaterwinning Lith (niet op de kaart) die een verdere verlaging van de stijghoogte in zuidelijke richting veroorzaakt. Het algemene stromingsbeeld komt overeen met het stromingsbeeld zoals geschetst door Witteveen+Bos (Biesheuvel et al., 2019; Wesselink et al., 2020).



Afbeelding 7.2 Regionaal isohypsenpatroon eerste watervoerend pakket.

De waterstand van de Maas bovenstrooms van de stuw bij Lith is hoger dan de polderpeilen van de aangrenzende binnendijkse gebieden. Dit veroorzaakt infiltratie van Maaswater naar het watervoerend pakket van de binnendijkse gebieden. Benedenstrooms draineert de Maas juist grondwater wanneer het rivierwaterpeil lager is dan de polderpeilen. Dit resulteert in het stromingspatroon dat conceptueel of globaal is weergegeven in afbeelding 7.3. Water van bovenstrooms van de stuw infiltreert en wordt vervolgens gedraineerd naar de Maas ter hoogte van de huidige projectlocatie. Dit algemene patroon staat los van de aanwezigheid van de plassen.

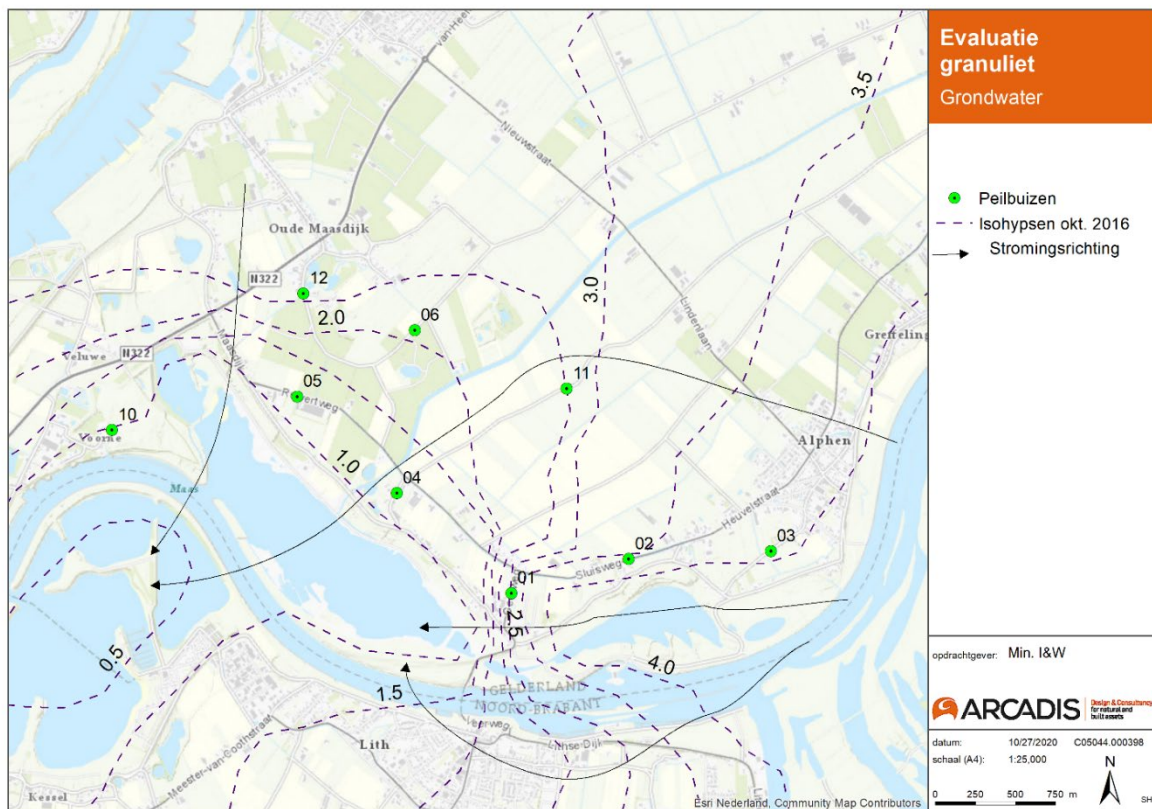


Afbeelding 7.3 Isohypsens en globaal grondwaterstromingspatroon oktober 2000

### Grondwaterstroming tijdens zandwinning Moleneindse Waard

De Moleneindse Waard en de Westplas zijn beide ontstaan als gevolg van de zandwinning. Het gat van Van Deursen was voor aanvang van de winning reeds aanwezig. De Moleneindse Waard en Westplas zijn ontstaan door de zandwinning en hebben beiden aanvankelijk een open verbinding naar de Maas gehad. De Westplas naar het benedenstroomse deel van de Maas, waardoor deze de lage waterstanden benedenstrooms van de stuw volgt met de hier aanwezige getijdeninvloed.

De Moleneindse Waard was tijdens de aanleg via een kanaal verbonden met het bovenstroomse deel van de Maas, waardoor deze tijdelijk een hoge waterstand had. Dit veroorzaakte een hogere kweldruk naar de nabije polder en het gebied waar de Westplas zou worden ontwikkeld, dan voor de zandwinning (afbeelding 7.4). Water zal vanuit de Maas in de Moleneindse Waard zijn gestroomd en zal van daaruit via de bodem naar de Westplas zijn geïnfiltreerd, maar ook in verhoogde mate naar de noordelijk gelegen binnendijkse gebieden (richting peilbuis 1 en 2).



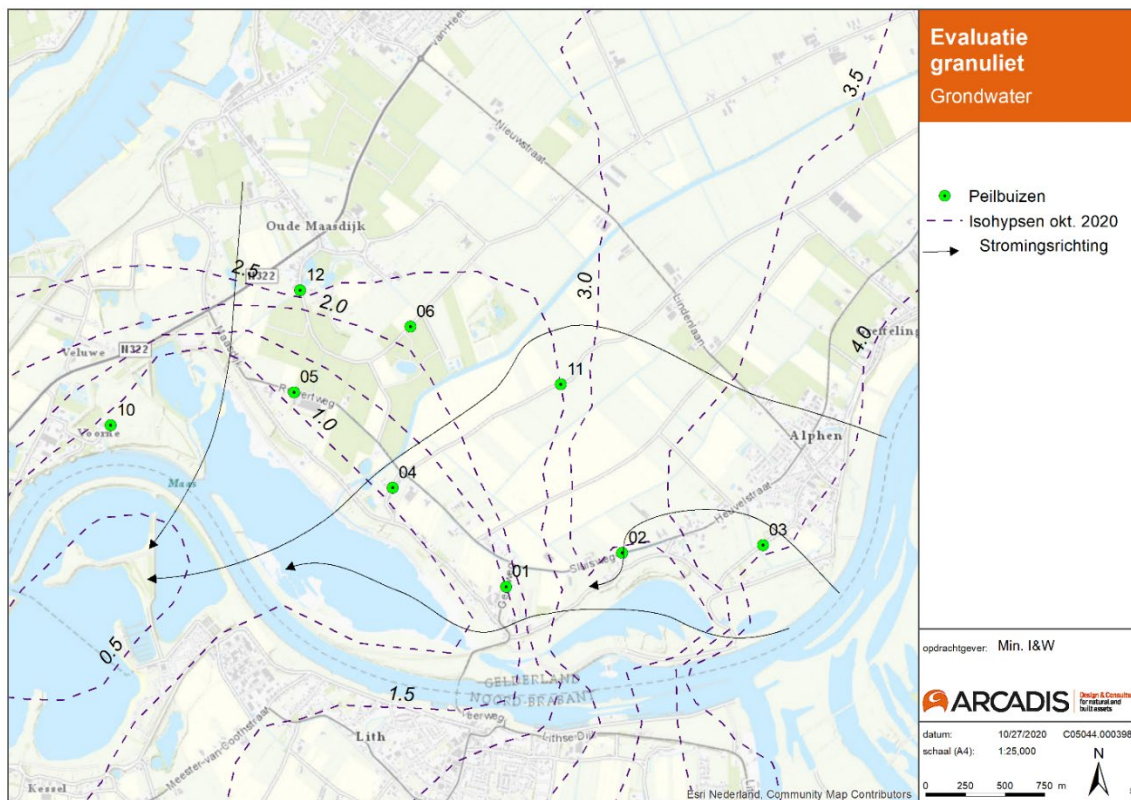
Afbeelding 7.4 Isohypsens en globaal grondwaterstromingspatroon oktober 2016

### Grondwaterstroming vanaf 2017 (zandwinning Westplas en eindsituatie)

In december 2016 is de verbinding van de Moleneindse Waard gesloten en is een waterpeil van NAP +2,8 m in de plas ingesteld. Dit is een niveau dat iets onder het oorspronkelijke grondwaterniveau ligt dat hier aanwezig was vóór de ontzanding. Deze situatie wordt in afbeelding 7.5 weergegeven. Het waterpeil in de Moleneindse Waard wordt gehandhaafd door een uitstroombuik, die water (kwel en neerslagoverschot) naar het benedenstroomse deel van de Maas loost.

De daling van de waterstand in de Moleneindse Waard heeft tot gevolg dat de oostzijde van de plas drainerend werkt voor het grondwater van noordelijk gelegen binnendijkse gebieden. De stijghoogtes in dit gebied zijn begin 2017 sterk gedaald. De stroming vanuit de Moleneindse Waard naar de Westplas is door de onderlinge peilverschillen wel in stand gebleven.

Aan de westelijke zijde van de Moleneindse Waard zijn de stijghoogtes van het grondwater lager, en (beperkte) infiltratie vanuit de Moleneindse Waard is niet uitgesloten. Peilbuizen direct benedenstrooms of onder de Moleneindse Waard staan mogelijk onder invloed van de kwaliteit van het poriewater van het granuliet dat is aangebracht in de Moleneindse Waard.



Afbeelding 7.5 Isohypsens en globaal grondwaterstromingspatroon oktober 2019

## 7.2 Stroming oppervlaktewater

De stroming van het oppervlaktewater door de plassen is de basis voor de analyse naar mogelijke erosie en transport van granuliet. Stroming waarbij mogelijk granuliet kan eroderen en transporteren komt vooral voor tijdens hoogwaters. In het gebied is ook getij aanwezig, maar de stroomsnelheden als gevolg van eb- en vloedbewegingen zijn te klein om voor erosie of transport van granuliet te zorgen. De stroming tijdens hoogwaters is bepaald met het 2D-stromingsmodel WAQUA. Om het stroombeeld te kunnen analyseren bij verschillende waterstanden en afvoeren zijn dynamische berekeningen uitgevoerd met een hoogwatergolf met een maximale afvoer van  $4.118 \text{ m}^3/\text{s}$ . Deze afvoer hoort bij de hoogwaterreferentie voor dit deel van de Maas en heeft een herhalingsperiode van 3.000 jaar. Door te kijken naar tijdstippen waarop de afvoeren nog toenemen en de maximale afvoer nog niet is bereikt, kan ook het stroombeeld voor lagere hoogwaters inzichtelijk gemaakt worden.

### 7.2.1 Stroming tijdens ontgroning en verondieping

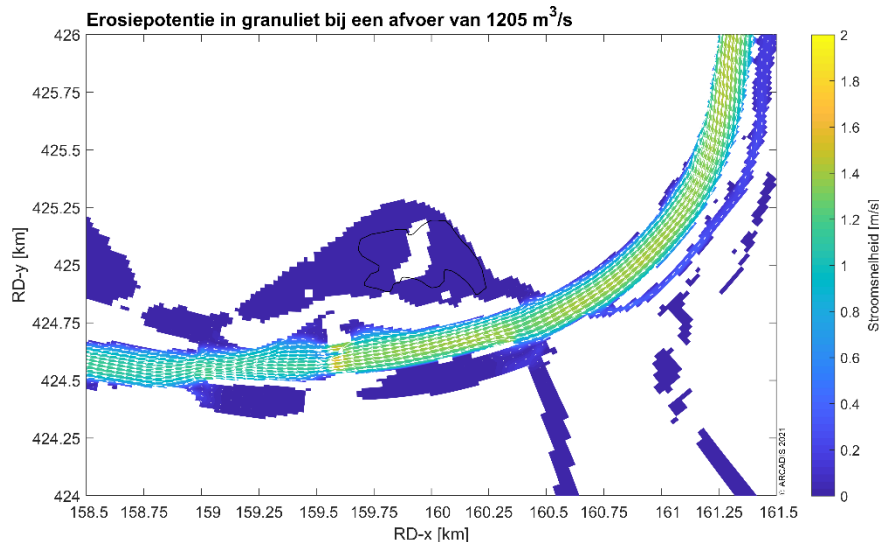
#### Moleneindse Waard

In de Moleneindse Waard is in 2016 granuliet toegepast en in de loop van 2017 zijn alle herinrichtingswerkzaamheden afgerond. Het granuliet is met name toegepast in het zuid(oost)elijk deel van de Moleneindse Waard. Er is aangenomen dat de verschromping in bodemhoogte tussen december 2015 en december 2016 de begrenzing vormt voor de toepassing van onder andere granuliet, onder de afdeklaag. Tijdens de toepassing van granuliet in de plas is de kans op erosie van granuliet het grootst op het moment net voordat de afdeklaag wordt aangebracht. Dit is de situatie waarbij de bodem het hoogst ligt en de stroomsnelheden bij een gegeven Maasafvoer het hoogst zijn. Voor de Moleneindse Waard is de peiling van december 2016 gebruikt om deze situatie te beschrijven en door te rekenen.

De hoogste afvoer die heeft plaatsgevonden in de periode vanaf de toepassing van granuliet tot de afronding van de werkzaamheden is  $1.205 \text{ m}^3/\text{s}$  (bron: Rijkswaterstaat Waterinfo). De hoogwatergolf die is afgeleid voor deze studie begint op een afvoer van  $1.250 \text{ m}^3/\text{s}$ . Daarom is een aanvullende stationaire afvoer uitgevoerd met een afvoer van  $1.205 \text{ m}^3/\text{s}$ .



De berekening van de stromingscondities voor een afvoer van 1.205 m<sup>3</sup>/s laat zien dat de stroming in de plas vrijwel nul is, ook door de tijdelijke opening naar de Maas die is aangelegd voor de werkzaamheden (zie afbeelding 7.6). Bij een afvoer van 1.205 m<sup>3</sup>/s staat het water wel hoger dan normaal, maar vindt geen doorstroming van de plas plaats. De maximale stroomsnelheid in het gebied waar granuliet kan liggen is 0,00005 m/s.



Afbeelding 7.6 Maximale stroomsnelheid in 2016 ter hoogte van locatie toegepast granuliet (zwarte polygoon)

## Westplas

In de Westplas, die momenteel nog in uitvoering is, is alleen in het oostelijke deel granuliet gelost. De grens hiervoor is de strekdam die 2020 in deze plas is aangebracht. Voor het bepalen van de stromingscondities tijdens de uitvoering is hetzelfde uitgangspunt gehanteerd als bij de Moleneindse Waard: de hoogste bodemligging binnen het gebied waar granuliet kan liggen, zonder dat een afdeklaag aanwezig is. In deze situatie zijn de stroomsnelheden en de kans op erosie het hoogst. Omdat de Westplas nog in uitvoering is, is de hoogste bodemligging niet, zoals bij de Moleneindse Waard, gebaseerd op een peiling. De hoogste bodemligging is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

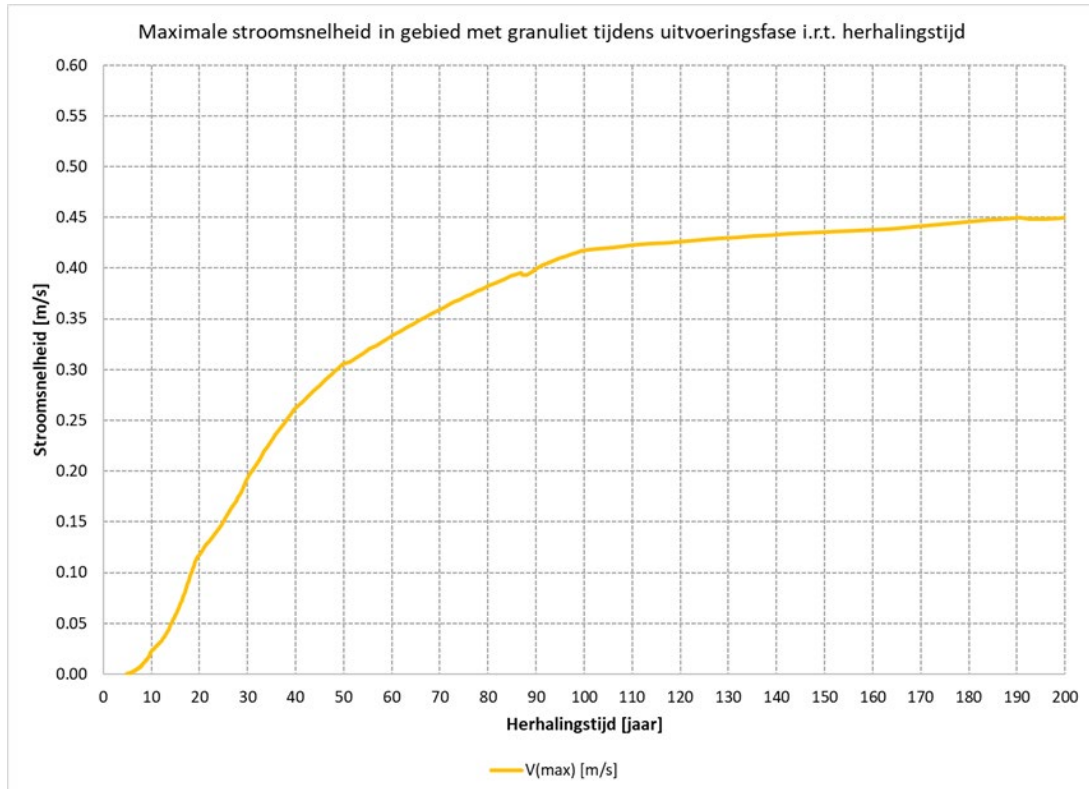
- a. Bij het lossen van het materiaal met granuliet hangt de stortkoker ongeveer 3 meter in het water. Dit betekent dat alleen onder een waterdiepte van 3 meter granuliet is toegepast (waarschijnlijk nog iets dieper in de praktijk). Het waterpeil in de plas is onder normale omstandigheden is ongeveer 0,5 m+NAP. De maximale hoogte voor de ligging van granuliet is daarom vastgesteld op -2,5 m+NAP.
- b. Na toepassing wordt het granuliet afgedekt met een afdeklaag van minimaal 3 meter. Ten opzichte van de eindsituatie ligt het granuliet daarom minimaal 3 meter onder de oppervlakte. Voor locaties die in de eindsituatie onder water liggen (lager dan 0,5 m+NAP), betekent dit dus dat de maximale hoogte van het granuliet lager is dan de -2,5 m+NAP die in het vorige punt is genoemd.

Op basis van deze uitgangspunten is binnen het gebied waar granuliet ligt de maximale bodemhoogte bepaald waar het granuliet kan liggen. Op basis van deze maximale bodemhoogtes is de uitvoeringssituatie in het rivierkundige model gezet. Het resulterende hoogtemodel is een soort "fictieve" bodemligging, omdat deze maximale hoogtes tijdens de uitvoering niet op hetzelfde moment voorkomen; op de ene locatie wordt nog verondiept met granuliet, terwijl op de andere locatie de afdeklaag al (deels) is aangebracht. Deze fictieve bodemligging wordt echter voldoende representatief geacht voor het berekenen van de maximale stroomsnelheid voor iedere locatie binnen het interessegebied. Tijdens de uitvoering van de Westplas is de brug bij de Doorbraakdijk nog niet aangelegd; de verbindingsgeul tussen de Maas en de Westplas wordt onderbroken door de weg. De verbindingsgeul wordt pas 'opengezet' als de Westplas is uitgevoerd en de gehele afdeklaag aangebracht is.

Het meest extreme hoogwater dat al heeft plaatsgevonden tijdens de uitvoering van de Westplas was begin 2021 en had een maximale afvoer van 1.780 m<sup>3</sup>/s. Uit de berekening blijkt dat er in deze situatie, die een herhalingstijd van eens per 3 jaar heeft, vrijwel geen stroming is in de Westplas. Omdat de Westplas nog in uitvoering is, bestaat echter de kans dat er nog hoogwaters met een hogere afvoer plaatsvinden voordat de afdeklaag is aangebracht, waarbij het granuliet misschien wel kan eroderen.

Daarom is, op basis van de berekening, de maximale stroomsnelheid in het gebied met granuliet uitgezet tegen de kans dat dit jaarlijks voorkomt, uitgedrukt in een herhalingsjijd. Een herhalingsjijd van 10 jaar betekent dat een dergelijke hoogwatergolf statistisch gezien eens per 10 jaar voorkomt en dat de jaarlijkse kans van voorkomen 1/10 is.

Uit afbeelding 7.7 blijkt dat vanaf herhalingsjijden van 5 of 6 jaar enige stroming door de plas plaatsvindt. Dit loopt vervolgens op tot 0,30 m/s bij een herhalingsjijd van 50 jaar en is maximaal 0,54 m/s op de piek van de hoogwatergolf bij een herhalingsjijd van 3000 jaar (niet meer te zien in de figuur).

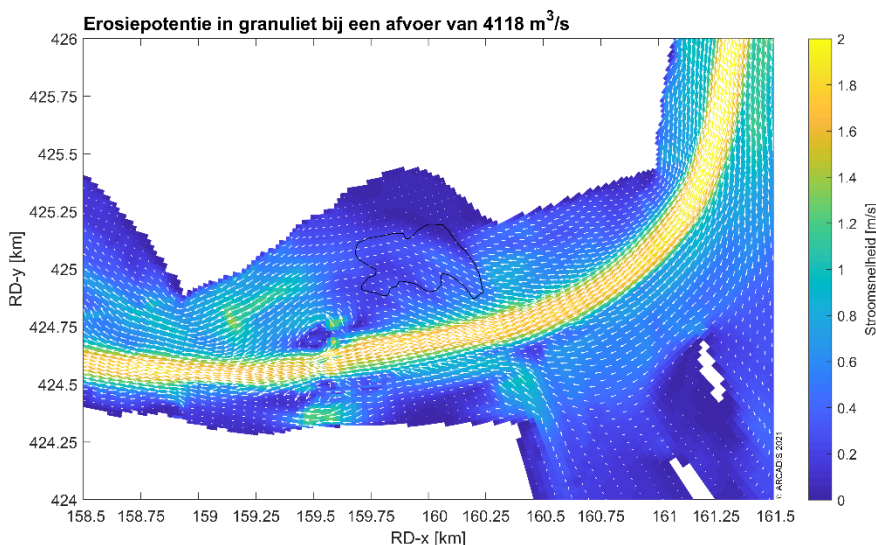


Afbeelding 7.7 Stroomsnelheden in relatie tot herhalingsjijd voor gebied met granuliet.

## 7.2.2 Stroming in eindsituatie

### Moleneindse Waard

Voor de eindsituatie van de Moleneindse Waard wordt vooral gekeken naar de maximale stroomsnelheden die kunnen plaatsvinden, ongeacht de kans van voorkomen van de hoogwaters die hiervoor nodig zijn. De maximale stroomsnelheid in het gebied waar mogelijk granuliet ligt, komt voor aan de oostkant en is maximaal 0,6 m/s. Aan de westkant van dit gebied liggen de stroomsnelheden tussen 0,15 en 0,25 m/s.

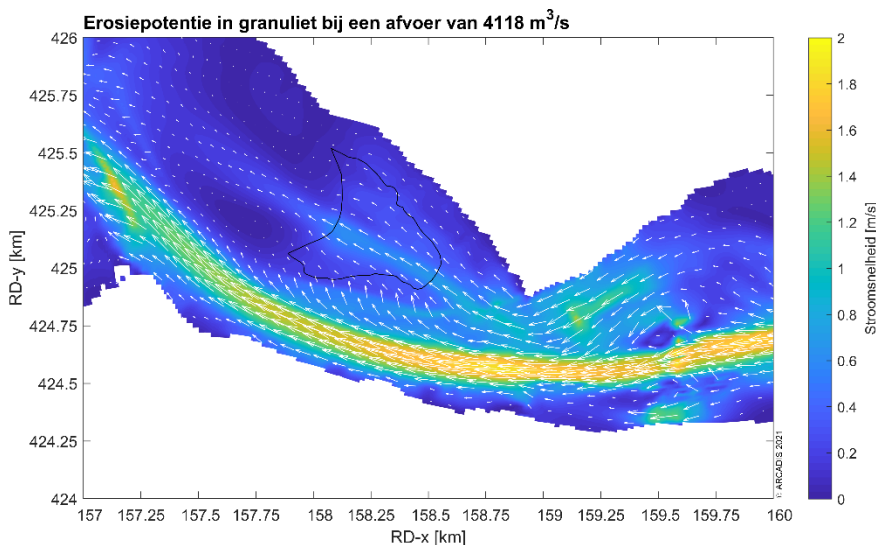


Afbeelding 7.8 Stroomsnelheid ter hoogte van locatie toegepast granuliet (zwarte lijn) bij een afvoer van 4.118 m<sup>3</sup>/s.

### Westplas

In de eindsituatie van de Westplas is een brug aangelegd over de verbindingsgeul tussen de Maas en de plas, waardoor ook bij lagere afvoeren stroming door de plas plaatsvindt. Tussen de verbindingsgeul en de Maas is ter hoogte van rivierkilometer 201,4 een drempel aangelegd. In deze drempel zit een V-vormige opening om ook bij lagere waterstanden een geringe doorstroming richting de plas te hebben. De afvoer door deze opening is beperkt en leidt niet tot een significante stroming in de plas. Vanaf een niveau van 4 m+NAP overstroomt de hele instroomdrempel. Dit gebeurt gemiddeld 2 dagen per jaar.

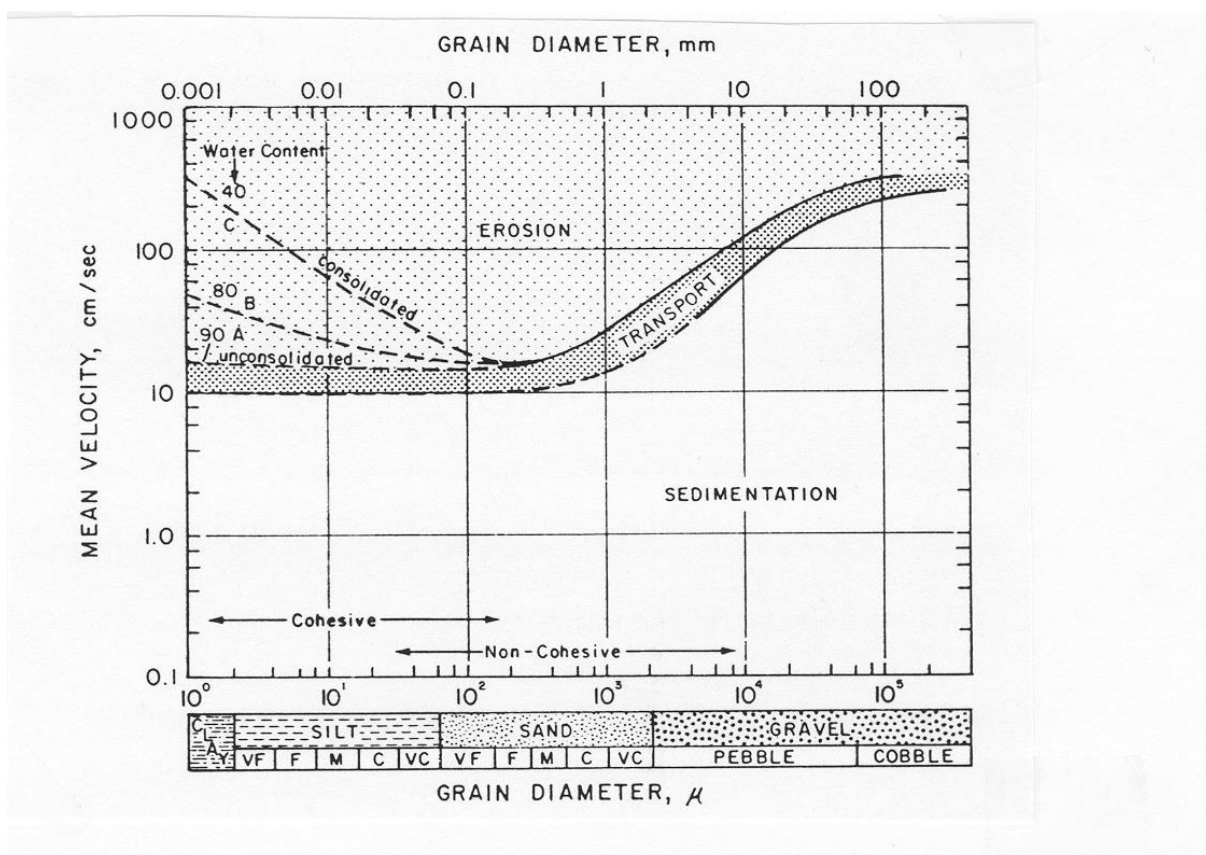
Dit is ook te zien in de berekening, waarbij vanaf het begin van de hoogwatergolf (die start met een afvoer van 1.250 m<sup>3</sup>/s) stroming plaatsvindt door de inlaat en de verbindingsgeul. Aan het begin van de berekening is de stroomsnelheid in het gebied met granuliet maximaal 0,07 m/s. Naarmate de afvoeren hoger worden loopt dit op tot maximaal 0,76 m/s rond de piek van de hoogwatergolf.



Afbeelding 7.9 Stroomsnelheid ter hoogte van locatie toegepast granuliet (zwarte lijn) bij een afvoer van 4.118 m<sup>3</sup>/s.

## 7.3 Erosie en sedimenttransport

Om te bepalen of er erosie van het granuliet of de afdeklaag plaatsvindt, is gekeken of de kritische waarde voor het begin van beweging voor het aanwezige sediment wordt overschreden. De beweging van sediment kan worden gerelateerd aan de dimensieloze bodemschuifspanning, de Shields-parameter. Door het vergelijken van de werkelijke Shields waarden met de kritische Shields waarde is de erosiepotentie bepaald. Hoe hoger de erosiepotentie, hoe verder de kritische Shields waarde wordt overschreden en hoe meer erosie plaatsvindt. De Shields waarde hangt af van de stroomsnelheid, de waterdiepte en de korrelgrootte van het materiaal. De stroomsnelheid en waterdiepte kan worden bepaald aan de hand van de eerder beschreven hydraulische berekeningen. De gehanteerde waarden voor de korrelgrootte zijn beschreven op basis van zeefkrommes. Om een indruk te krijgen van de methodiek is het aangepaste Shields-diagram (het Hjulström-Sundborg diagram) weergegeven in afbeelding 7.10. Hierbij is empirisch bepaald waar de grenswaarden zich bevinden tussen het moment dat sediment erodeert, getransporteerd wordt of wanneer dit neerslaat (sedimenteert). Voor een nadere toelichting van de methodiek om de kritische en werkelijke Shields-waarden te bepalen en de gebruikte korrelgroottes voor het granuliet en de afdeklaag wordt verwezen naar Bijlage M.

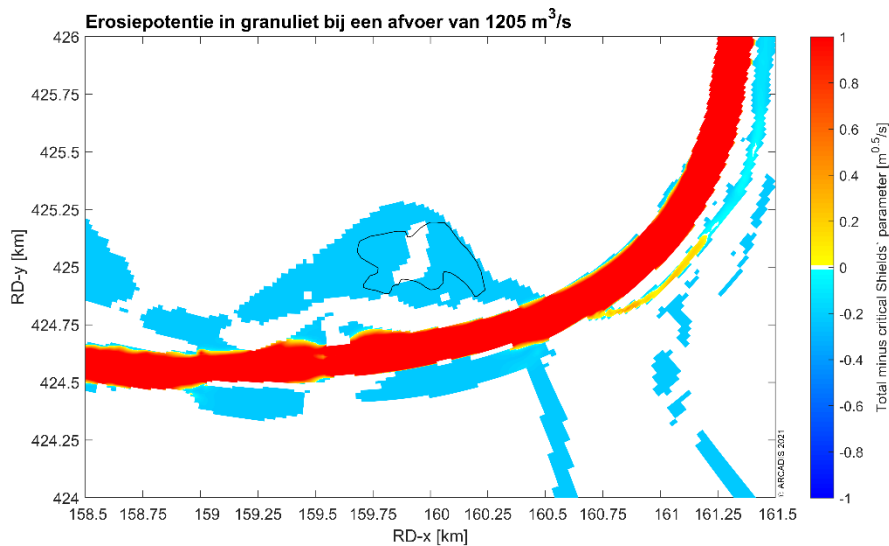


Afbeelding 7.10 Moment van beweging afhankelijk van korrelgrootte volgens het Hjulström-Sundborg diagram (Sundborg, 1956).

### 7.3.1 Erosie tijdens ontgroning en verondieping

#### Moleneindse Waard

Uit de analyse van de erosiepotentie bij een afvoer van 1.205 m<sup>3</sup>/s blijkt dat de kans dat het granuliet is geërodeerd tijdens de herinrichting verwaarloosbaar klein is (zie afbeelding 7.11). Dit komt overeen met het stroombeeld, waaruit blijkt dat er bij deze afvoer vrijwel geen stroming door de plas plaatsvindt.



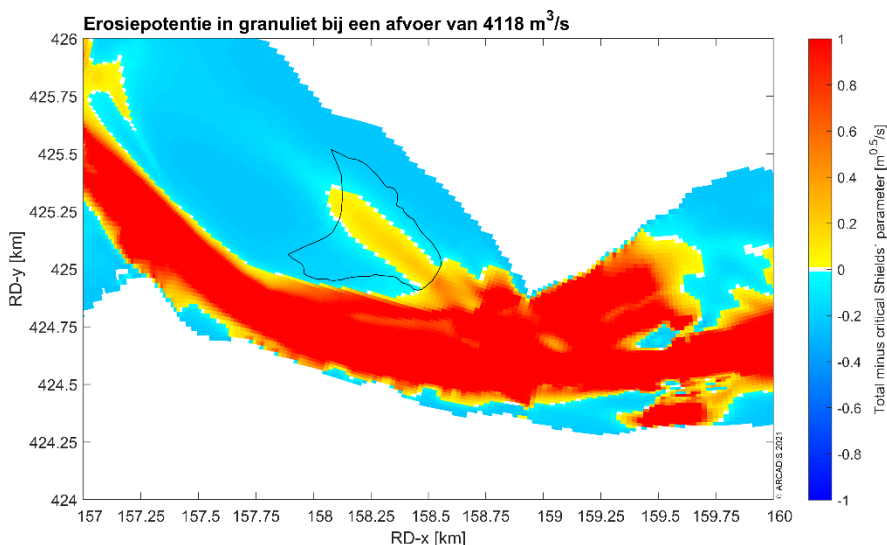
Afbeelding 7.11 Potentiële kans op erosie van het granuliet doordat schuifspanning hoger ligt dan de kritische schuifspanning. Bij waarden kleiner dan nul wordt geen erosie verwacht. De zwarte lijn geeft het aan gebied waar mogelijk granuliet is toegepast.

## Westplas

Uit de analyse van de bodemschuifspanning en de Shields waarde komt naar voren dat deze over het algemeen laag is in het gebied waar granuliet voorkomt. In afbeelding 7.12 is dit uitgezet tegen de kritische waarde voor het moment van bewegen, horende bij de mediane korrelgrootte ( $D_{50} = 0,02$  mm) van granuliet voor een afvoer van 4.118 m<sup>3</sup>/s. Uit de figuur blijkt dat er erosiepotentie van granuliet tijdens uitvoering verwacht kan worden voor een klein deel van het gebied als er een extreem hoogwater plaatsvindt tijdens de uitvoering. Een dergelijk extreem hoogwater komt slechts eens per 3000 jaar voor, dus de kans dat dit gebeurt voordat de afdeklaag is aangebracht is zeer klein.

Om iets te zeggen over de kans op een hoogwater waarbij mogelijk granuliet kan eroderen, kan ook gekeken worden naar de maximale stroomsnelheden als functie van de herhalingsstijd (afbeelding 7.7). Als dit wordt gecombineerd met de kritische stroomsnelheden voor het begin van bewegen (zie afbeelding 7.10), ontstaat inzicht in het risico op erosie in verschillende situaties. Uit afbeelding 7.10 blijkt dat granuliet kan eroderen vanaf stroomsnelheden van 0,2 m/s. Deze stroomsnelheden komen gemiddeld eens per 30 jaar voor. Tijdens het verspreiden kan granuliet makkelijker worden meegenomen, en al transport plaatsvinden bij stroomsnelheden van 0,1 m/s (afbeelding 7.10). Stroomsnelheden van 0,1 m/s komen voor bij hoogwater afvoeren die eens in de 20 jaar voorkomen. Echter is het de vraag of tijdens deze omstandigheden wel gewerkt wordt aan de plas en daarbij het toepassen van het granuliet. De hoogste afvoer die tijdens de uitvoering van de Westplas is voorgekomen is 1.780 m<sup>3</sup>/s. Hierbij treedt nauwelijks stroming op en worden de kritische stroomsnelheden niet overschreden. Het is mogelijk dat er nog een extreem hoogwater optreedt voordat de afdeklaag volledig is aangebracht. De kans dat er een hoogwater plaatsvindt waarbij het granuliet erodeert is op basis van bovenstaande analyse enkele procenten.

Als er tijdens de uitvoering erosie en transport van granuliet plaatsvindt, dan zal het geërodeerde granuliet deels benedenstrooms in de plas weer worden afgezet omdat dat daar de stroomsnelheid lager is dan in het deel van de plas met granuliet. Bij extreme hoogwaters, die minder vaak dan eens per 50 jaar voorkomen, is de stroomsnelheid in de rest van de plas hoger dan 0,1 m/s. Het is minder waarschijnlijk dat een dergelijke extreme situatie zich zal voordoen in 2021 voordat het granuliet is afgedekt.



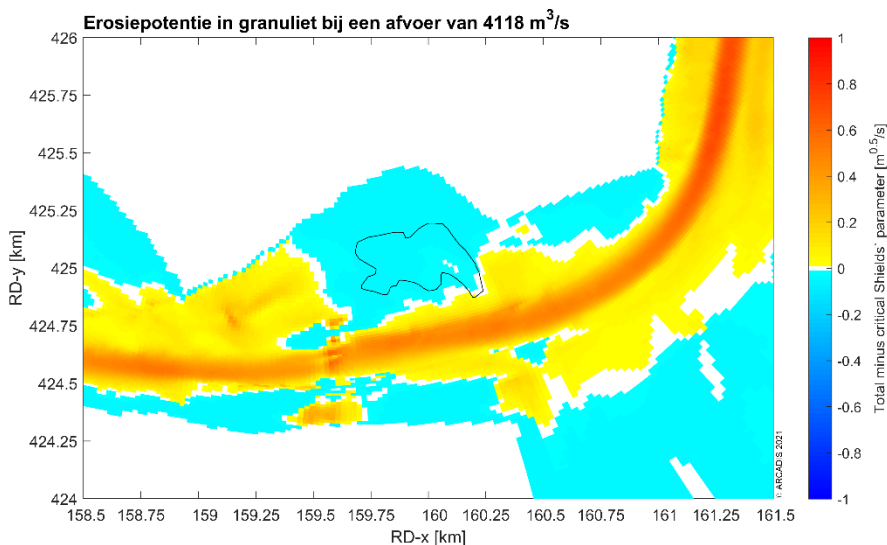
Afbeelding 7.12 Potentiële kans op erosie doordat schuifspanning hoger ligt dan de kritische schuifspanning.

### 7.3.2 Erosie in eindsituatie

#### Moleneindse Waard

In de eindsituatie beschermt de afdeklaag het granuliet voor erosie en dat is te zien in de erosiepotentiekarta van de afdeklaag (afbeelding 7.13). Hier is te zien dat de erosiepotentie van de afdeklaag kleiner is dan 0, ofwel de Shields waarde is lager dan de kritische Shields waarde. Er wordt dus geen erosie van de afdeklaag verwacht, zelfs niet bij extreme hoogwatergolven, met het uitgangspunt dat de afdeklaag uit dezelfde korrelgrootte bestaat als voor de Westplas (0,41 mm). In delen van de afdeklaag waar de korrelgrootte kleiner is (waar bijvoorbeeld klei aanwezig is), kan de erosiepotentie in theorie iets groter zijn (zie ook afbeelding 7.10 voor de kritische schuifspanningen als functie van de korrelgrootte). Als dit materiaal in de afdeklaag echter in meer of mindere mate geconsolideerd is, neemt de erosiepotentie weer flink af.

De afdeklaag zal daarom waarschijnlijk niet of nauwelijks eroderen en de kans is zeer klein dat het granuliet aan het oppervlak komt te liggen.



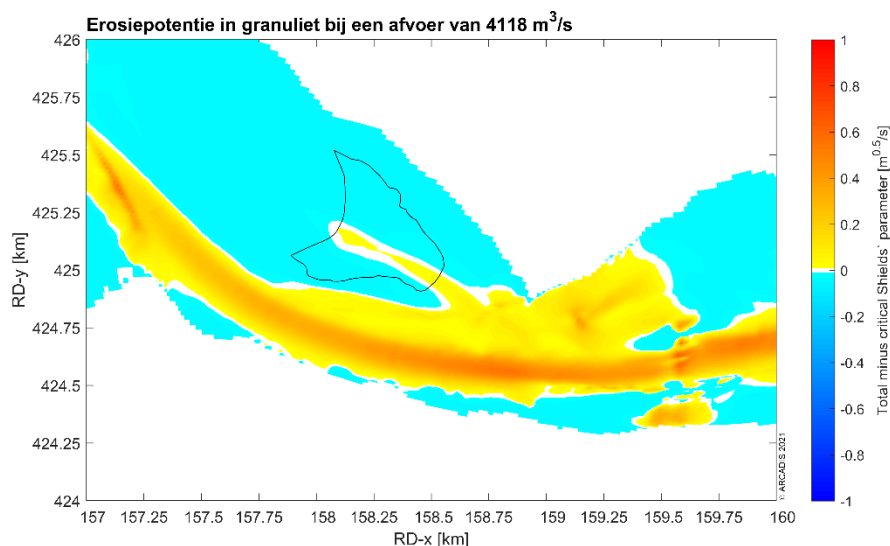
Afbeelding 7.13 Potentiële kans op erosie van de afdeklaag doordat schuifspanning hoger ligt dan de kritische schuifspanning.

Als er toch erosie van granuliet zou plaatsvinden, wat niet verwacht wordt, dan kan op basis van de stroming in en rondom de plassen het volgende gezegd worden over het mogelijke verspreidingspatroon:

- Bij eventuele erosie van de afdeklaag en het granuliet, dan zou het granuliet meegenomen kunnen worden door de stroming in benedenstroomse richting, aangezien de stroomsnelheid hoger is dan 0,1 m/s;
- Verspreiding zal in eerste instantie in de Moleneindse Waard zelf plaatsvinden, maar de stroming is sterk genoeg om een deel van het granuliet verder te verspreiden naar de Westplas en naar de Maas zelf.

## Westplas

In de eindsituatie zijn de stroomsnelheden groter dan in de uitvoeringssituatie vanwege de geringere waterdiepte. Uit afbeelding 7.14 blijkt dat de erosiepotentie van de afdeklaag binnen de locatie waar het granuliet zich bevindt plaatselijk (in het centrale deel van dit gebied) iets groter dan nul is. Dit betekent dat er mogelijk erosie van de afdeklaag plaatsvindt tijdens een extreme hoogwatergolf. Als er erosie van de afdeklaag optreedt zal dit echter zeer gering zijn ten opzichte van de dikte van de afdeklaag. Daarnaast kan een hoogwater ook juist zorgen voor aanzanding in dit gebied, omdat de stroomsnelheid en de erosiepotentie bovenstrooms van het gebied (in het eerste deel van de verbindingseul) groter is. Hierdoor zal het water dat over de afdeklaag stroomt relatief veel sediment bevatten. Door de afname van de stroomsnelheden richting de plas kunnen de grootste korrels uitzakken en kan juist sedimentatie plaatsvinden. Dit is niet geanalyseerd in dit onderzoek, maar vanwege de geringe erosiepotentie en kans op aanzanding is de conclusie dat de kans uiterst klein is dat de afdeklaag bij een hoogwater erodeert tot de diepte waar het granuliet zich bevindt.



Afbeelding 7.14 Potentiële kans op erosie van de afdeklaag met korrelgrootte van 0,41 mm.

## 7.4 Conclusies Transport

### Grondwaterstroming

De kwaliteit van het oppervlaktewater is sterk afhankelijk van de herkomst. De Moleneindse Waard wordt gevoed door grondwater dat afkomstig is van de bovenstroomse zijde van de Maas en de noordelijk gelegen polder. Een deel van de Moleneindse Waard infiltreert vervolgens aan de westzijde weer naar de Westplas. De Westplas wordt behalve door de Alphense Uitvliet (Grote Wetering) en Maas (bij vloed) gevoed door het grondwater dat afkomstig is uit de polder en de Moleneindse Waard. Bij de passage van de bodem kan in beide plassen het grondwater in aanraking komen met granuliet en vervolgens naar het oppervlaktewater stromen.

## Oppervlaktewater stroming en erosie

De kans op erosie is afhankelijk van de stroomsnelheid. Daarom zijn perioden van hoogwaterafvoer maatgevend. Uit berekeningen blijkt dat tijdens de perioden van verondieping van zowel de Westplas als de Moleneindse Waard (2016/2017) niet of nauwelijks sprake is geweest van hoge stroomsnelheden tijdens hoogwaters en daarom ook niet van significante erosie. Ook het hoogwater van februari 2021 heeft niet geleid tot hoge stroomsnelheden door de Westplas en erosie was naar verwachting zeer beperkt. De kans dat in de resterende periode van verondieping (tot eind 2021) extreem hoogwater optreedt dat leidt tot erosie wordt relatief klein geacht. In de eindsituatie is het granuliet afgedekt met grond. Deze afdeklaag zal ook in het geval van hoogwatergolven niet of nauwelijks door erosie worden aangetast.



## 8 WATERKWALITEIT

Indien er verontreinigende stoffen aanwezig zijn in het granuliet, dan zullen deze zich via de waterfase verspreiden. Uit de analyse van de waterstromen komt naar voren dat de verspreiding vooral plaats zal vinden naar het oppervlaktewater toe. Bij de Moleneindse Waard kan ook plaatselijk stroming van stoffen uit het granuliet naar het grondwater optreden. Het gedrag van de verontreinigende stoffen in grond- en oppervlaktewater is vervolgens afhankelijk van de (geo-)chemische toestand.

In dit hoofdstuk komen daarom achtereenvolgens aan bod:

- Uitloging granuliet (welke stoffen kunnen uit granuliet vrijkomen).
- Oppervlaktewater, monsternamelocaties en analyseresultaten.
- Grondwater, monsternamelocaties en analyseresultaten.
- Transport en chemische reacties aan de hand van de macrochemie van het grond- en oppervlaktewater.
- Conclusies waterkwaliteit.

### 8.1 Uitloging granuliet

In voorgaand hoofdstuk is aangegeven dat transport richting het grondwater onwaarschijnlijk is vanwege de stromingsrichting naar het oppervlaktewater. Stoffen die vanuit granuliet kunnen oplossen zullen zich verplaatsen naar het oppervlaktewater. Voor acrylamide en barium zijn analyses uitgevoerd waarbij nader is gekeken naar de mogelijke uitloging uit granuliet en vervolgens de concentraties in het nabije oppervlaktewater en het grondwater in, of in de directe nabijheid van het granuliet.

#### 8.1.1 Beschrijving gesteenten

Het granuliet wordt gevormd uit metazandsteen/metagrauwacke uit Bremanger in Noorwegen (Bestone®) en granodioriet uit Glensanda in Schotland. Het granuliet is zeer fijnkorrelig (voornamelijk silt- en lutumfractie), wat het oplossen en verweren van de minerale delen bevordert.

Beide gesteenten waaruit granuliet wordt gevormd bestaan voornamelijk uit kwarts, plagioklaas en alkaliveldspaten. Hierin kunnen kleinere hoeveelheden mica's en kleimineralen (biotiet, chloriet, muscoviet), apatiet, calciet, en ijzeroxiden of -carbonaten voorkomen (voor een meer uitgebreide beschrijving, zie bijlage N).

Afhankelijk van de bestanddelen kan het gebroken gesteente zeer langzaam tot makkelijk verweren (in deze context: chemische verwerking = oplossen). Verwerking van granuliet kan leiden tot vrijkomen van barium, natrium, kalium, calcium en aluminium. Ook magnesium, mangaan en ijzer kunnen indicatief zijn voor de verwerking van granuliet.

De analyses van zware metalen, arseen en titaan in granuliet laten zien dat vooral barium en titaan in relatief hoge concentraties in de vaste matrix aanwezig zijn. Voor granieten liggen wereldwijd de achtergrondgehalten barium gemiddeld rond de 246 en 732 mg/kg. Voor zandstenen en grauwackes is het wereldgemiddelde 316 mg/kg. (Geochem Research B.V., 2003). De in het granuliet aangetroffen concentraties liggen ook in deze orde van grootte. Ook titaan komt van nature voor, de achtergrondconcentratie voor titaan in Nederland is 3465 mg/kg d.s.

#### 8.1.2 Onderzoek uitloging acrylamide

Het polyacrylamide in granuliet is vooral aan de vaste bestanddelen gebonden, en zal onder milieuumstandigheden niet of nauwelijks afbreken (zie Bijlage B). Indien wel afbraak optreedt, zullen er kortere ketens gevormd worden, waarbij alleen incidenteel acrylamide gevormd zou kunnen worden. Mocht er in het toegepaste granuliet bij Over de Maas wel acrylamide gevormd worden, dan is de plek waar de kans het grootst is om het aan te treffen, het grondwater of oppervlaktewater wat in contact staat met het granuliet. Acrylamide lost namelijk zeer goed op, bindt niet aan de bodem, en in water kunnen lagere gehalten bepaald worden dan in grond.

Om het mogelijk te maken een zo laag mogelijke concentratie acrylamide te kunnen detecteren, is op 5 monsters (geïdentificeerd) granuliet een schudtest uitgevoerd. Hierbij is een L/S-ratio toegepast van 1 (1 deel grond, 1 deel water). Dit geeft een detectiegrens voor de uitloging van grond van 0,1 µg/kg d.s.

Veelal wordt een hogere L/S-ratio toegepast, wat een langdurige uitloging simuleert, maar daarmee wordt de detectiegrens van uitloging van grond ook 10 x zo hoog. Het doel is hier juist om acrylamide met een zo laag mogelijke detectiegrens aan te treffen.

Acrylamide is goed afbreekbaar. Normaalgesproken worden schudtesten bij kamertemperatuur uitgevoerd, waardoor afbraak van eventueel aanwezige acrylamide reeds tijdens het schudden kan optreden. De schudtesten zijn daarom uitgevoerd onder gekoelde omstandigheden. De monsternamen zijn met steekbussen uitgevoerd om ook afbraak tijdens monsternamen en transport te minimaliseren.

De schudtesten zijn uitgevoerd voor de volgende monsters:

- Twee granulietmonsters uit de beunschepen;
- Twee geïdentificeerde granulietmonsters in het profiel van de waterbodem in de Westplas (toegepast in 2019/2020);
- Een geïdentificeerd granulietmonster in het profiel van de verondieping in de Moleneindse Waard op een diepte van circa 10 m -mv. (toegepast in 2016).

De resultaten zijn weergegeven in bijlage K. In de schudtesten van alle 5 monsters is geen acrylamide in het eluaat aangetroffen, alle waarden zijn beneden de detectiegrens van 0,1 µg/l vastgesteld (en daarmee beneden 0,1 µg/kg in de grond). Ook in het granulietmonster dat circa 5 jaar geleden is aangebracht in de Moleneindse Waard is geen acrylamide aangetroffen.

### 8.1.3 Uitloging barium

Voor barium hangt de uitloging sterk af van de geochemische omstandigheden. Het barium wat aanwezig is in het granuliet komt via chemische reacties in evenwicht met het omringende water.

GIB heeft voor het granuliet uitloogproeven uitgevoerd (kolomproeven L/S=10, in de periode 2019-2020). Hieruit kwam naar voren dat barium weinig uitloogt (circa 0,2% van het barium wat aanwezig is). Zie tabel 8.1.

Tijdens de schudtesten die hierboven zijn omschreven, is ook barium in het water gemeten (zie bijlage K). Dit betrof een andere proefopzet, en een andere L/S-verhouding, maar ook in deze metingen is de uitloging van barium laag ten opzichte van de hoeveelheid barium die aanwezig is.

Tabel 8.1. Resultaten schudtesten samengevat. Tussen haakjes is het aantal metingen en de minimale en maximale waarde weergegeven.

Locatie	Type test	Barium in eluaat (µg/l)	Omgerekend naar grond (mg/kg d.s.)
<b>Metingen GIB (gemiddelde 2019-2020)</b>	Kolomproef L/S=10 (langdurende uitloging)	95 µg/l (n=20, <60-200 µg/l)	1 mg/kg d.s. (n=20, <0,6-2,0 mg/kg d.s.)
<b>Schudtesten granuliet beunschepen, waterbodem, grond</b>	Schudtest L/S=1 (kortdurende uitloging)	60 µg/l (n=5, 52-67 µg/l)	0,06 mg/kg d.s. (n=5, 0,05-0,07 mg/kg d.s.)

De gemeten concentraties barium in het eluaat zijn van dezelfde orde grootte als de concentraties die in de omgeving worden gemeten (zie §8.2 en 8.3). Het gedrag van barium in het milieu is sterk afhankelijk van de concentratie sulfaat, omdat barium in aanwezigheid van sulfaat kan neerslaan als slecht-oplosbaar bariumsulfaat. Hierop wordt nader ingegaan in §8.4 en in bijlage N.

### Uitloging andere parameters

De schudtesten laten ook zien dat concentraties cadmium, koper en molybdeen uit het granuliet gemobiliseerd kunnen worden. De uitloogwaarden zijn over het algemeen lager dan voor barium. In de uitloogproeven van GIB zijn deze verbindingen niet naar voren gekomen omdat ze onder de daar gehanteerde detectiegrens liggen. Molybdeen vormt hierbij een uitzondering, deze wordt in iets lagere gehalten dan barium aangetroffen in de schudtesten en wordt ook een enkele keer in de uitloogproeven van GIB aangetroffen. Cadmium, koper en molybdeen worden nader geëvalueerd in de volgende paragrafen.

## 8.2 Oppervlaktewater

### 8.2.1 Monsternamelocaties

Op de volgende locaties zijn oppervlaktewatermonsters genomen:

1. In- en uitgaande waterstromen:
  - a. Boven- en benedenstroomse Maas;
  - b. Grote Wetering (stroomt via de Alphense Uitvliet naar de Westplas).
2. Oppervlakkig oppervlaktewater (op 1 m-waterspiegel), tijdens het aanbrengen van granuliet:
  - a. Ter hoogte van het aanbrengen van het granuliet;
  - b. Tussen de locatie van het aanbrengen van het granuliet en de uitstroomopening naar de Maas.
3. Het oppervlaktewater van de Westplas en de Moleneindse Waard op verschillende meetpunten, op 2-3 verschillende diepten. Deze bemonstering heeft plaatsgevonden gedurende dagen dat geen losactiviteiten in de plas hebben plaatsgevonden (wel heeft er zandwinning plaatsgevonden). De bemonstering heeft plaatsgevonden op het diepste punt van de plas (ter hoogte van de zandwinning) en ter hoogte van de verondieping met granuliet (periode november/december 2019).

#### Toelichting

- De Alphense Uitvliet is de uitmonding van de Grote Wetering, deze komt in de Westplas uit. Bovenstreams van de Alphense Uitvliet is een waterzuivering gelegen. Van waterzuiveringen is bekend dat deze mogelijk flocculanten zoals polyacrylamide kunnen gebruiken. Waterschap Rivierenland geeft aan geen polyacrylamide te gebruiken. Polyacrylamide wordt voornamelijk gebruikt bij slibindikking, en dit gebeurt voor deze waterzuivering op een centrale locatie elders. Desalniettemin is de Alphense Uitvliet bemonsterd en het monster is op dezelfde parameters geanalyseerd als de overige waterstromen.
- Bij de bemonstering van de verschillende diepten van het oppervlaktewater lag de focus op het bepalen van gelaagdheid in de plas (indien aanwezig, komt dit naar voren komen in het verschil in geochemische omstandigheden).

### 8.2.2 Analyseresultaten

De resultaten van het oppervlaktewater zijn weergegeven en getoetst in Bijlage I. In onderstaande tabel zijn de resultaten samengevat:

*Tabel 8.2. Resultaten oppervlaktewater samengevat (gemiddelde concentraties). Tussen haakjes is het aantal (#) metingen (n) en de minimale en maximale waarde weergegeven indien van toepassing. Voor de overige stoffen zijn alleen stoffen boven de toetsingswaarden weergegeven.*

Locatie	Diepte (m-waterspiegel)	Acrylamide (#)	Barium (#, min-max)	Overige stoffen (alleen indien > toetsingswaarde)
<b>Bovenstroomse Maas</b>	1 m-wsp	<0,1 µg/l (n=2)	27 µg/l (n=2, 26-27 µg/l)	Zink 17 µg/l (n=2, 14-20 µg/l)
<b>Benedenstroomse Maas</b>	1 m-wsp	<0,1 µg/l (n=2)	26 µg/l (n=2, 25-26 µg/l)	Zink 9,3 µg/l (n=2, 9,2-9,4 µg/l)
<b>Ter hoogte losponton</b>	1 m-wsp	<0,1 µg/l (n=2)	52 µg/l (n=2, 50-53 µg/l)	Cadmium in 1/2 verhoogd (n=2, <0,2-0,33 µg/l)
<b>Tussen losponton en uitstroomopening naar Maas</b>	1 m-wsp	<0,1 µg/l (n=2)	51 µg/l (n=2, 50-52 µg/l)	Nikkel in 1/2 verhoogd (n=2, <5-10 µg/l)
<b>Grote Wetering (Alphense Uitvliet)</b>	1 m-wsp	<0,1 µg/l (n=2)	66 µg/l (n=2, 65-66 µg/l)	-
<b>Westplas</b>	1 tot 30,5 m-wsp	<0,1 µg/l (n=30)	57 µg/l (n=30, 54-63 µg/l)	Zink 7,9 µg/l (n=6, 6,4-8,5 µg/l) Lood in 2/6 verhoogd (n=6, <2,0-2,7 µg/l)
<b>Moleneindse Waard</b>	1 tot 13 m-wsp	<0,1 µg/l (n=7)	74 µg/l (n=7, 72-74 µg/l)	Zink 20 µg/l (n=7, 14-29 µg/l)

In het oppervlaktewater zijn in totaal 47 metingen van acrylamide en barium uitgevoerd. In het literatuuronderzoek is voor acrylamide geen toetsingswaarde voor oppervlaktewater naar voren gekomen (zie bijlage B), maar wel voor drinkwater. Alle gemeten waarden voor acrylamide liggen beneden de detectiegrens voor acrylamide, en daarmee ook beneden de toetsingswaarde voor drinkwater.

Voor barium zijn in het vooronderzoek verschillende toetsingswaarden weergegeven. De generieke toetsingswaarde voor barium in oppervlaktewater is de jaargemiddelde milieukwaliteitseis (JG-MKE) van 93 µg/l, die recent opnieuw is vastgesteld (Verbruggen et al., 2020). Deze wordt in het oppervlaktewater niet overschreden. De concentraties barium in de boven- en benedenstroomse Maas liggen net boven de achtergrondwaarde van 22 µg/l die in 2020 door Verbruggen et al. is afgeleid.

De overige stoffen zijn getoetst conform de Kaderrichtlijn water (zie bijlage I). Hieruit is een verhoogde waarde voor zink uit naar voren gekomen, deze is verhoogd in de Maas, Moleneindse Waard en Westplas. Daarnaast zijn er incidenteel verhoogde waarden van nikkel en lood gemeten. De verhogingen zijn niet gerelateerd aan het granuliet. Cadmium, koper en molybdeen zijn in het eluaat van de schudtesten aangetroffen. De concentraties van deze stoffen zijn in het oppervlaktewater vergelijkbaar met het oppervlaktewater van de Maas. Hieruit volgt geen eenduidige beïnvloeding als gevolg van het toegepaste granuliet. Hetzelfde geldt voor titaan, wat in het granuliet in relatief hoge gehalten aanwezig is. In het oppervlaktewater zijn de gemeten concentraties vergelijkbaar met concentraties in Maaswater.

De in het oppervlaktewater gemeten waarden zijn eenmalige metingen en geen jaargemiddelde waarden. De verwachting is dat de waarden in het oppervlaktewater kunnen fluctueren en (extra) verdunning met Maaswater kan optreden, afhankelijk van de mate van overstroming bij hoog water.

## 8.3 Grondwater

### 8.3.1 Monsternamelocaties

Het onderzoek van het grondwater had tot doel om de milieuomstandigheden in kaart te brengen (geochemische omstandigheden) en de gehalten acrylamide en barium in het grondwater te bepalen. Grondwatermonsters zijn genomen op de volgende locaties:

- In drie peilbuizen (totaal 4 filters in het freatisch pakket en 1<sup>e</sup> watervoerende pakket) die geplaatst zijn op de landtongen in de Moleneindse Waard. In deze bodem is (deels) ook granuliet toegepast. Peilbuis 103 is snijdend geplaatst met een aaneengesloten laag granuliet.
- In een selectie van de bestaande peilbuizen van het grondwatermeetnet Over de Maas. Dit had tot doel om de geochemische omstandigheden in kaart te brengen van het omringende grondwater van de polder, waarbij tevens de concentraties barium en acrylamide zijn bepaald.

### 8.3.2 Analyseresultaten

De resultaten van het grondwater zijn weergegeven en getoetst in Bijlage J. In onderstaande tabel zijn de resultaten samengevat:

Tabel 8.3. Resultaten grondwater samengevat (gemiddelde concentraties). Tussen haakjes is het aantal (#) metingen (n) en de minimale en maximale waarde weergegeven indien van toepassing. Voor de overige stoffen zijn alleen stoffen boven de toetsingswaarden weergegeven.

Locatie	Einddiepte	Acrylamide (#)	Barium (#, min-max)	Overige stoffen (alleen indien > toetsingswaarde)
Peilbuizen Moleneindse Waard	5 tot 11 m -mv.	<0,1 µg/l (n=4)	93 µg/l (n=8, <20 - 190 µg/l)*	Geen overschrijdingen interventiewaarde. Lichte overschrijdingen streefwaarde chloride
Peilbuizen grondwatermeetnet omgeving	6,6 tot 6,8 m -mv.	<0,1 µg/l (n=8)	168 µg/l (n=8, 67-250 µg/l)	Geen overschrijdingen interventiewaarde. Enkele overschrijdingen streefwaarde sulfaat, molybdeen, naftaleen, 1,2-dichlooretheen, benzeen, xylenen

\* De 4 peilbuizen zijn twee keer bemonsterd op zware metalen en macroparameters, vandaar 8 metingen i.p.v. 4.

In het grondwater zijn in totaal 12 metingen van acrylamide uitgevoerd. Acrylamide was bij alle metingen lager dan de detectiegrens. Voor barium zijn de gemeten concentraties hoger dan de streefwaarde van 50 µg/l, maar lager dan de interventiewaarde (625 µg/l), waarbij de concentratie in de polder gemiddeld het hoogste ligt (natuurlijke oorsprong). Dit heeft geen relatie met granuliet en behoeft geen nader onderzoek.

Andere stoffen komen in licht verhoogde waarden voor, waarbij de interventiewaarden niet worden overschreden. In hoofdstuk 6 is de milieuhygiënische kwaliteit van granuliet afgeleid. Hieruit volgt dat de licht verhoogde gehalten in het grondwater geen directe relatie hebben met granuliet c.q. geïsoleerd kunnen worden van de andere toegepaste grondstromen en (regionale) achtergrondgehalten in het grondwater.

## 8.4 Transport en chemische reacties

De milieuomstandigheden zijn geëvalueerd aan de hand van diverse macroparameters (o.a. sulfaat, nitraat, chloride, bicarbonaat etc.). Afhankelijk van de aan- of afwezigheid van diverse macroparameters zullen de verschillende metalen neerslaan of in oplossing gaan (c.q. blijven). Een uitgebreide evaluatie van de processen in het oppervlaktewater, grondwater en granuliet staat per gemeten parameter beschreven in bijlage N.

### Moleneindse Waard

Het oppervlaktewater van de Moleneindse Waard wordt via het grondwater gevoed door de achterliggende polder en de bovenstroomse Maas, waarbij een beperkt deel van deze grondwaterstroming via granuliet kan lopen.

Het gehalte barium is sterk afhankelijk van de sulfaatconcentraties. Barium komt in watersystemen meestal geassocieerd met sulfaat als bariet voor ( $\text{BaSO}_4$ ). Hoe hoger de concentratie sulfaat, hoe minder barium in het water gemeten wordt omdat het in de vaste vorm blijft of neerslaat uit het water. De oplosbaarheid van bariet is laag, maar deze wordt verhoogd door de aanwezigheid van andere ionen, zoals  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Vergeleken met het overige oppervlaktewater worden in de Moleneindse Waard de laagste concentraties sulfaat gemeten (53-54 mg/l), een van de redenen waarom de concentraties barium hier in vergelijking hoger zijn (74 µg/l). Na extrapolatie van de data lijkt het er wel op dat de bariumconcentraties in de Moleneindse Waard ook relatief aan de hoge kant zijn, zelfs indien hogere concentraties sulfaat aanwezig zouden zijn. Dit wijst erop dat de bariumconcentraties in de Moleneindse Waard mogelijk beïnvloed worden door de toestroom van grondwater uit de polder met hoge concentraties barium, of door het aanwezige bodemmateriaal (het granuliet of ander materiaal).

Van de overige geëvalueerde parameters in de Moleneindse Waard is mogelijk mangaan te relateren aan het verondiepen, maar een relatie met granuliet is niet eenduidig, dit zou ook gerelateerd kunnen zijn aan overige toegepaste grondstromen.

### Westplas

De Westplas staat onder invloed van de instroom van de Grote Wetering via de Alphense Uitvliet en de benedenstroomse Maas. In de Westplas is een gelaagdheid waarneembaar waarbij de bovenste meters intensiever beïnvloed worden door de Grote Wetering en de Maas dan de diepere waterlagen.

In de Grote Wetering zijn concentraties barium van 65 en 66 µg/l aangetoond. In de Westplas varieerden de concentraties tussen 50 en 63 µg/l. De laagste concentraties werden aangetroffen tijdens het lossen (50 tot 53 µg/l). In de Westplas lijkt een effect op te treden van een aanvoer van relatief hoge concentraties vanuit de Grote Wetering en verdunning met Maaswater met lage concentraties. Met het Maaswater worden hoger concentraties sulfaat aangevoerd waardoor het gehalte barium laag is.

Van de overige geëvalueerde parameters lijkt alleen kalium gering (en tijdelijk) verhoogd te zijn tijdens of direct na het lossen van granuliet. Ook lijkt er tijdens het lossen licht brak water mee te komen (mogelijk vanwege inname brak water tijdens het transport), waardoor de concentraties natrium, chloride en sulfaat (tijdelijk) verhoogd voorkomen. Deze lichte verhogingen vormen geen risico. Geen van de overige geëvalueerde concentraties zware metalen in het oppervlaktewater van de Westplas kan gerelateerd worden aan het aanwezige granuliet.

### Grondwater Moleneindse Waard

Geen van de in het grondwater aangetroffen metalen (inclusief barium) kan aan de aanwezigheid van granuliet in de ondergrond worden gekoppeld. De sulfaatconcentraties in het grondwater in de peilbuizen ten noordoosten van de Moleneindse Waard en tussen de Moleneindse Waard en de Westplas komen sterk overeen met de concentraties die in het Maaswater worden verwacht en zijn hoger dan in andere peilbuizen ten noorden en noordoosten van de plassen. Dit zou erop kunnen duiden dat deze peilbuizen onder invloed staan van infiltrerend Maaswater uit het deel van de Maas bovenstrooms van de sluis bij Lith. De verdeling van de sulfaatconcentraties in de grondwatermonsters past bij het stromingspatroon zoals beschreven in hoofdstuk 7.

## **8.5 Conclusies waterkwaliteit**

### **Acrylamide**

Acrylamide is in geen enkel milieumonster (grond, waterbodem, grondwater en oppervlaktewater) aangetroffen in een concentratie boven de detectielimiet van 10 µg/kg in grond/waterbodem en 0,1 µg/l in grond-/oppervlaktewater. Ook in de schudproeven, die zijn opgezet om een zo laag mogelijke concentratie in grond/waterbodem te kunnen detecteren, is geen acrylamide aangetroffen in het water. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat er acrylamide vrijkomt uit het granuliet of gevormd wordt op de langere termijn. Dit betekent ook dat er voor acrylamide geen risico's voor de mens of milieu zijn.

### **Barium**

Barium is aanwezig in zowel het omliggende grondwater in de polder, als in het oppervlaktewater van de Grote Wetering, de Westplas en de Moleneindse Waard. De concentraties zijn sterk afhankelijk van de concentraties sulfaat. In de Moleneindse Waard en in de Westplas is geen duidelijke invloed van het granuliet op de concentraties barium vast te stellen. De concentraties zijn verklaarbaar door de achtergrondconcentraties vanuit de polder (grond- en oppervlaktewater) en de voeding door de Maas. De concentraties in het oppervlaktewater liggen overal onder de meest recente jaargemiddelde milieukwaliteitseis. Er zijn geen risico's voor mens en milieu met betrekking tot uitloging van barium uit granuliet.

Barium in oppervlaktewater en grondwater is in evenwicht met bariet. Bariet is zeer slecht oplosbaar. Bij een toename van de bariumconcentratie laat de evaluatie zien dat barium kan neerslaan. Dit beperkt de mobiliteit van het barium.

### **Overige verontreinigende stoffen**

Evenals in het samenstellingsonderzoek zijn er tijdens het onderzoek naar de waterkwaliteit als gevolg van de toepassing van granuliet geen relevante concentraties van andere verontreinigende stoffen aangetroffen.

## 9 ECOLOGISCHE EFFECTEN GRANULIET

In het onderliggende hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag of de toepassing van granuliet mogelijk effecten heeft op:

- De aanwezige flora en fauna in de plassen (soorten).
- het behalen van de natuurdoelen die voor het plangebied over de Maas zijn geformuleerd (ecosysteem).

In de paragraaf over de effecten op soorten, wordt ingegaan op de uitkomsten van het literatuuronderzoek dat is uitgevoerd door Arcadis (Bijlage B) in relatie tot de gemeten stofconcentraties voor acrylamide en barium. Vervolgens worden de resultaten van de uitgevoerde bioassays besproken en geïnterpreteerd aan de hand van het literatuuronderzoek en de stofconcentraties.

Deze bevindingen worden in de erop volgende paragraaf gebruikt om een inschatting te maken van de effecten van de toepassing van het granuliet op het ecosysteem. Daarmee wordt antwoord gegeven op de vraag of het realiseren van de natuurdoelstellingen van het project Over de Maas in het geding kan komen ten gevolge van de toepassing van het granuliet.

### 9.1 Effecten op soorten

#### 9.1.1 Stofconcentraties

Om de vraag te beantwoorden of de eigenschappen van polyacrylamide, acrylamide en barium mogelijk een effect kunnen hebben op het ecosysteem en daarmee het behalen van de natuurdoelstellingen voor het project Over de Maas, is uitgebreid literatuuronderzoek uitgevoerd naar de toxicologische eigenschappen van de stoffen (zie Bijlage B). Uit dit literatuuronderzoek volgen voor de drie stoffen concentraties waarbij in het milieu nog geen effect wordt verwacht, de zogeheten PNEC (Predicted No Effect Concentration). Deze waarden kunnen gebruikt worden om, aan de hand van de concentraties die gemeten worden in het water, af te leiden of mogelijk ecotoxicologische effecten kunnen optreden.

De PNEC wordt afgeleid op basis van de beschikbare toxiciteitsdata van een stof. Van de beschikbare data van alle geteste organismen wordt de laagste concentratie genomen waarbij een effect is waargenomen. Op deze waarde wordt een beoordelingsfactor toegepast die afhangt van de hoeveelheid ecotoxicologische data en de betrouwbaarheid van de data. De PNEC komt daarmee altijd een factor 10 tot 1000 lager uit dan de laagste concentratie waarbij een effect is waargenomen. Voor een uitgebreidere beschrijving van dit afleidingsproces wordt verwezen naar Bijlage B. De wijze van afleiden van de PNEC borgt dat met een zekerheid grenzende waarschijnlijkheid kan worden gesteld, dat er geen effecten op het ecosysteem optreden wanneer de PNEC niet wordt overschreden.

Tabel 9.1 gemeten concentraties acrylamide en barium in het oppervlaktewater. \*Geen concentraties aangetoond boven de detectielimiet van de stof.

Parameter	Acrylamide [ $\mu\text{g/L}$ ] (CAS 79-06-1)		Barium [ $\mu\text{g/L}$ ] (CAS 7440-39-3)	
Stofconcentratie in de waterkolom [gemiddelde, (min – max)]	Westplas	<0,1* $\mu\text{g/L}$	Westplas	57 (54 – 63)
	Moleneindse Waard	<0,1* $\mu\text{g/L}$	Moleneindse Waard	74 (72 – 74)
PNEC	20 $\mu\text{g/L}$ (ECB, 2002)		620 $\mu\text{g/L}$ (Verbruggen, Smit, & van Vlaardingen, 2020)	

Voor acrylamide geldt dat het in geen van de monsters in het oppervlaktewater is aangetoond boven de detectielimiet van 0,1  $\mu\text{g/L}$ . Gezien de detectiegrens kan met zekerheid worden gesteld dat er geen acrylamide in het water aanwezig is in concentraties hoger dan 0,1  $\mu\text{g/L}$ . De hoogst mogelijke waarde waarin acrylamide in het watersysteem voor zou kunnen komen (<0,1  $\mu\text{g/L}$ ) is daarmee een factor 200 lager dan de PNEC van de stof. Daarmee kunnen effecten van acrylamide op aquatische organismen met zekerheid worden uitgesloten.

Voor barium bevinden de gemeten concentraties in de waterkolom zich tussen de 25 en de 74  $\mu\text{g/L}$ . De hoogst gemeten bariumconcentratie is daarmee een factor 8 lager dan de afgeleide PNEC van 620  $\mu\text{g/L}$ . Zoals genoemd in hoofdstuk 8 is de door het RIVM afgeleide nieuwe milieukwaliteitsnorm van 93  $\mu\text{g/L}$  (Verbruggen et al., 2020). Deze wordt nergens overschreden.

Voor een duiding van de bariumconcentraties wordt verwezen naar hoofdstuk 8. Aangezien barium een stof is die vaak van nature in hoge concentraties voorkomt in het milieu en het feit dat de concentraties ruim onder de PNEC blijven, worden effecten van barium in de waterkolom op aquatische organismen niet verwacht.

## 9.1.2 Bioassays

Hieronder wordt toegelicht hoe de bioassays zijn opgezet, en welke conclusies daarmee kunnen worden getrokken. Daarna worden de twee uitgevoerde series bioassays besproken.

Omdat de eerste serie geen eenduidig resultaat opleverde, waarbij zowel in granuliet als in de aanvullende controle effecten zijn waargenomen, is besloten voor het uitvoeren van een tweede, uitgebreidere serie. De conclusies zijn uiteindelijk gebaseerd op beide series.

### Toelichting

Bioassays zijn gestandaardiseerde tools met een op basis van wetenschappelijk onderzoek opgezet protocol, waardoor ze gecontroleerd en reproduceerbaar zijn. In Bioassays worden testorganismen blootgesteld aan een medium (of een mengsel van verschillende stoffen) waarvan de precieze samenstelling vaak onbekend is. De testorganismen zijn onderdeel van de gestandaardiseerde opzet en komen mogelijk helemaal niet voor in Over de Maas. Ze fungeren als signaalfunctie om mogelijke effecten van bekende en onbekende stoffen aan te tonen en om effecten van stoffen in een mengsel aan te tonen. Met een bioassay kan worden onderzocht of de samenstelling van granuliet of de aanwezigheid van polyacrylamide mogelijk een effect heeft op de flora en fauna (soorten). Een bioassay geeft een signaal als er sprake is van een mogelijk effect bij de toepassing in de praktijk. In dat geval is het mogelijk om met aanvullende analyses te achterhalen welke oorzaken er ten grondslag liggen aan de effecten die zijn waargenomen in de bioassays.

Door de gestandaardiseerde methodiek wordt het onderscheidend vermogen en de bruikbaarheid van de test vergroot.

### Uitvoering en resultaten eerste serie bioassays

Voor een eerste screening van de effecten zijn twee chronische bioassays met granuliet ingezet met twee testorganismen; de waterfase test met de watervlo *Daphnia magna* en de sedimenttest met de dansmug larve *Chironomus riparius*. Granuliet is fijn materiaal, om een eventueel effect van de samenstelling van granuliet te onderzoeken is parallel een bioassay op rivierklei uitgevoerd (alleen voor de sediment bioassay), een klei met een fijnere samenstelling dan granuliet.

De bioassays zijn uitgevoerd door het onderzoeks- en adviesbureau Ecofide in opdracht van Arcadis. De chronische toxiciteitstest met de watervlo *D. magna* is in tienvoud uitgevoerd volgens de OECD 211 richtlijn. De bioassay met de dansmug *C. riparius* is gebaseerd op de OECD-richtlijn 218, en in viervoud uitgevoerd. Een uitgebreidere fysische en chemische analyse van gebruikte referenties is te vinden in Bijlage I. Zie Bijlage L voor een uitgebreide beschrijving van de gevolgde methodiek van de bioassays en een uitgebreide weergave van de resultaten. In onderstaande paragraaf komen de belangrijkste resultaten aan bod. Tabel 9.2 vat de resultaten samen.

#### *Daphnia magna*

In de bioassays met de watervlo *D. magna* zijn geen effecten van het granuliet waargenomen. De overleving was in alle monsters 100%. Ook de reproductie was niet verschillend van de controlegroep.

#### *Chironomus riparius*

**Granuliet:** In de eerste serie bioassays met de dansmug larve *C. riparius* zijn geen effecten gevonden van de granulietmonsters op de overleving van de testorganismen. In de eerste serie bioassays werd in één van de twee granuliet monsters (B3) een vertraagde ontwikkeling waargenomen. Deze vertraging van de ontwikkeling van de larven blijkt uit een groter percentage van de larven dat zich aan het einde van de test nog in het 3<sup>e</sup> larvale stadium bevindt. Wanneer de ontwikkeling van een dansmug zich normaal voltrekt bevindt een dansmug larve zich aan het eind van de uitgevoerde chronische bioassay over het algemeen in het vierde larvale stadium. De groei tenslotte wordt uitgedrukt in het drooggewicht (in mg) van de larven aan het einde van de test. Hoe hoger het getal, des te beter de groei. De groei op de granulietmonsters wijkt niet af van de standaardcontrole.

**Rivierklei:** In de eerste serie bioassays was in de aanvullende controle met rivierklei sprake van een lagere overleving, een verminderde groei en een vertraagde ontwikkeling.



Deze resultaten zijn niet eenduidig. Er kan geen duidelijke conclusie worden getrokken over de effecten van granuliet. Er is immers een respons op één van de monsters die afwijkt van de standaardcontrole, maar op het andere granulietmonster niet. Bovendien wijkt ook de aanvullende controle af. De afwijkende respons zou door de korrelgrootteverdeling kunnen komen, maar het is niet uitgesloten dat het effect een andere oorzaak heeft. Daarom is een tweede serie bioassays ingezet.

Tabel 9.2 Resultaten eerste serie bioassays met de dansmug larve *C. riparius*.

\*= significant verschillend met de controle Drontermeer (standaardafwijking tussen haakjes)

Monster	Overleving (%)	Groei (mg dw/larve)	3 <sup>e</sup> larvale stadium (%) nog niet ontgroeid
Drontermeer (standaard controle)	99 (2,0)	1,08 (0,12)	4,0 (3,3)
Rivierklei (aanvullende controle)	86 (5,2)*	0,80 (0,14)*	34,0 (6,3)*
Granuliet A3	91 (6,8)	1,32 (0,09)	7,5 (6,2)
Granuliet B3	89 (6,8)	1,06 (0,15)	25,9 (4,2)*

### Uitvoering en resultaten tweede serie bioassays

Op basis van de resultaten van de eerste serie is vervolgens besloten een tweede serie bioassays uit te voeren met alleen *C. riparius*. Omdat in de eerste serie bleek dat granuliet een respons gaf in de bioassay met *C. riparius* is het onderzoek vervolgd aan de hand van deze bioassay. Het onderzoek is gestuurd door de volgende conclusies:

- Het ene granuliet monster gaf wel een respons en het andere niet, daarom zijn er nog vijf extra granuliet monsters met een *C. riparius* bioassay onderzocht.
- Een effect van korrelgrootte kon niet worden uitgesloten omdat er ook een effect van rivierklei was gevonden, daarom is deze bioassay herhaald, én is aanvullend monsternormaal gezocht om dit effect verder te onderzoeken.

Naast de controle met rivierklei zijn in de tweede serie bioassays twee extra referentiemonsters getoetst (referentiemonster 1001 en 1002). Dit zijn grondmonsters van zandige klei uit de uiterwaarden (1002) en de Moleneindse waard (1001). Uit zeefkromme analyses (Bijlage L) is gebleken dat de korrelgrootteverdeling van het granuliet zich tussen de klei-controle (rivierklei) en de extra referentiemonsters (zandige klei) bevindt. Beide referentiemonsters hebben een grovere korrelgrootteverdeling, de kleireferenties hebben juist een fijnere korrelgrootte verdeling dan het granuliet. Uit milieuhygiënische analyses van deze monsters is gebleken dat beide referentiemonsters licht verhoogde concentraties verontreinigende stoffen bevatten (klasse A: met name zware metalen in referentie 1001). Tenslotte is een monster granuliet uit de bodem van de Westplas getoetst.

Zie bijlage L voor een uitgebreide beschrijving van de gevolgde methodiek van de bioassays en een uitgebreide weergave van de resultaten. Hieronder zijn de resultaten samengevat en opgesomd in tabel 9.3.

#### *Chironomus riparius*

**Granuliet:** In de tweede serie bioassays met de dansmug larve *C. riparius* zijn geen effecten gevonden van de granulietmonsters op de overleving van de testorganismen, maar werd in twee van de vijf granulietmonsters (C3 en C4) wel een vertraagde ontwikkeling waargenomen. Een groter percentage van de testorganismen dat nog in het derde larvale stadium verkeerd duidt op een ontwikkelingsachterstand. Daarnaast was in de tweede serie bioassays in alle granuliet monsters sprake van een lagere groei dan in de controlegroepen.

**Referentiemonsters:** In de tweede serie bioassays werden op alle referentiemonsters geen significante effecten waargenomen op overleving, ontwikkeling of groei.

Tabel 9.3 samenvatting van de resultaten van de tweede serie bioassays met de dansmug larve *C. riparius*.  
\* = significant verschillend van het Drontermeer (controle) (standaardafwijking tussen haakjes)

Monster	Overleving (%)	Groei (mg dw/larve)	3 <sup>e</sup> larvale stadium (%) nog niet ontgroeid
Drontermeer slib (standaard controle)	95 (5,0)	1,01 (0,03)	3,1 (4,0)
Rivierklei (aanvullende controle)	88 (5,7)	0,93 (0,17)	4,5 (6,2)
Referentie 1001	97 (2,0)	1,05 (0,06)	0
Referentie 1002	95 (3,8)	1,08 (0,11)	0
Westplas (granuliet)	92 (0)	0,81 (0,04)*	7,6 (2,2)
Granuliet A4	97 (2,0)	0,69 (0,18)*	10,3 (7,3)
Granuliet B4	92 (5,7)	0,74 (0,20)*	4,4 (0,3)
Granuliet C3	92 (5,7)	0,74 (0,09)*	12,0 (4,4)*
Granuliet C4	95 (2,0)	0,66 (0,08)*	11,5 (3,9)*

## Conclusies

Bioassays zijn een eerste stap in het analyseren van effecten van monsters met een onbekende samenstelling. De uitslag van een bioassay geeft daarmee aan of 'er mogelijk iets aan de hand is' of niet (signaalfunctie). De tests met de watervlooien laten geen effect zien, en de eerste serie bioassays met de larven van de dansmug gaf geen eenduidig beeld. Daarom is een tweede, uitgebreidere serie ingezet met alleen de dansmuglarven. In de tweede serie was sprake van een consistente respons, waardoor niet kan worden uitgesloten dat het granuliet een effect teweegbrengt. Het wil echter niet per se zeggen dat er ook daadwerkelijk een effect in het ecosysteem op zal treden.

De achterliggende oorzaak van het signaal uit de bioassays is niet duidelijk. Aangezien op zowel de rivierklei als de referentiemonsters testen zijn uitgevoerd waar geen negatieve effecten zichtbaar zijn, is er geen eenduidige relatie gevonden tussen de korrelgrootteverdeling en de waargenomen effecten in de bioassays.

Op basis van het literatuuronderzoek kan een mogelijke verklaring worden gevonden in de aanwezigheid van polyacrylamide. Polyacrylamide kan leiden tot een hogere viscositeit en het verklevan van kleine deeltjes. Het is echter niet in staat een celmembran te passeren, waarmee toxische effecten via deze effectketen kunnen worden uitgesloten.

In de eindsituatie is het granuliet in Over de Maas afgedekt. Het is daarom niet nodig om een nadere verklaring te zoeken voor het waargenomen signaal.

## 9.2 Effecten op het ecosysteem

In deze paragraaf wordt ingegaan op het ecosysteem en de natuurdoelen bij het project Over de Maas. De natuurdoelen zijn van belang na afronding van het project, in de tijdelijke situatie tijdens de winning zijn deze natuurdoelen nog niet van belang. Wel moet een eventueel onomkeerbaar effect voorkomen worden en dient ten alle tijden rekening te worden gehouden met de zorgplicht. Dit hoofdstuk behandelt zodoende de mogelijke effecten van de milieuhygiënische eigenschappen van het granuliet en eventuele nevenverontreinigingen op de gestelde natuurdoelen voor project Over de Maas.

Met inachtneming van het bovengenoemde worden effecten van vertroebeling niet meegenomen in de effectbeschrijving van de toepassing van granuliet op het ecosysteem en daarmee op het behalen van de natuurdoelen. Net als bedekking van bodemorganismen is vertroebeling een tijdelijk effect dat optreedt bij zowel het lossen van granuliet als bij het verondiepen met een ander materiaal. Daarnaast leidt ook de zandwinning, de klasseerinstallatie binnen de plas tot vertroebeling van het oppervlaktewater. Daarmee vindt in de plas, vanaf het graven tot na de afronding van de verondieping, van tijd tot tijd, in meer- of mindere mate vertroebeling plaats. De tijdelijke vertroebeling van het systeem heeft geen blijvende gevolgen voor het ecosysteem van de zoete plas.

Voor informatie met betrekking tot de gestelde natuurdoelen voor het project Over de Maas wordt verwezen naar Bijlage L. Tabel 9.4 geeft een samenvatting van de natuurdoeltypen zoals die zijn vastgelegd voor het plangebied. Aan de hand van deze streefbeelden wordt op basis van het literatuuronderzoek en de uitgevoerde bioassays geanalyseerd of granuliet de ontwikkeling van deze streefbeelden in de weg staat.

*Tabel 9.4 te toetsen natuurdoeltypen voor mogelijke effecten van de chemische eigenschappen van granuliet en eventuele nevenverontreinigingen.*

Laag dynamisch rivierlandschap	Hoog dynamisch rivierlandschap
Geïsoleerde meander en petgat	Langzaam stromende rivier en nevengeul
Moeras	Zoet getijdenwater
Natte strooiselruigte	Dynamisch rivierbegeleidend water
Nat matig voedselrijk grasland	Moeras
Wilgenstruweel	Natte strooiselruigte
Ooibos	Nat matig voedselrijk grasland
	Ooibos

Op basis van de chemische analyses zoals benoemd paragraaf 9.1.1 blijkt dat op geen enkele locatie acrylamide is aangetroffen boven de detectiegrens en dat barium een factor 8 onder de afgeleide PNEC ligt. Zodoende zijn effecten op soorten zoals die worden genoemd in de soortlijsten behorende bij de natuurdoeltypen met zekerheid uit te sluiten. Daarmee zijn ook effecten op de natuurdoeltypen zelf uit te sluiten.

### Mogelijke effecten tijdens de uitvoering

Gezien de resultaten van de bioassays kunnen effecten van granuliet op aquatische organismen tijdens de toepassing niet worden uitgesloten, maar er kan ook niet worden gesteld dat ze zullen optreden. Tijdens de uitvoering zijn echter geen natuurdoeltypen aangewezen, en de mogelijke effecten worden tenietgedaan (of zijn niet relevant) door het telkens weer aanbrengen van nieuwe lagen totdat de afdeklaag is aangebracht.

Tijdens de uitvoering kunnen plaatselijk kleine hoeveelheden granuliet op of in de al aangebrachte delen van de deklaag terechtkomen. Dit kan gebeuren als de vertroebeling die ontstaat door het lossen van granuliet zich geleidelijk oplost door sedimentatie. Dit granuliet is direct zeer verdund en mengt zich snel met de overige grondstromen en natuurlijk sediment. Gezien de aanzienlijke verdunning en de kleine volumes waarin dit mogelijk op kan treden worden effecten op aquatische organismen niet verwacht.

### Mogelijke effecten in de eindsituatie

Effecten op natuurdoelen worden getoetst aan de soortenlijsten uit (Bal et al., 2001) (zie bijlage L). De soortenlijst voor zowel het hoog- als het laagdynamisch rivierlandschap bevatten een aantal soorten die, of volledig, of voor een deel van hun leven in het aquatische milieu leven (bijvoorbeeld libellen en schietmotten).

Daarnaast bevatten de soortlijsten ook soorten als vleermuizen en vogels die voor een deel foerageren op organismen die als larve in het water leven maar vervolgens uitvliegen (bijvoorbeeld muggen en waterjuffers).

In de uiteindelijke situatie wordt het granuliet overal afgedekt met andere grond. In de natuurtypen die zullen ontstaan in de plas komen geen soorten voor die diep in de bodem leven, en die zijn opgenomen in de soortenlijst of die dienen als voedsel voor soorten in de soortenlijsten. Effecten als gevolg van directe blootstelling aan flora en fauna zijn in de eindsituatie dus niet aan de orde.

In de schudtesten van granuliet is geen relevante mate van uitloging gemeten. Het is niet waarschijnlijk dat verontreinigende stoffen vanuit het granuliet het oppervlaktewater of de deklaag bereiken. Zodoende kunnen ook effecten op de soorten die in de plas leven in de eindsituatie worden uitgesloten.

### 9.3 Conclusies ecologie

Er worden geen effecten verwacht voor het ecosysteem als gevolg van de toepassing van granuliet. In de eindsituatie ligt het granuliet onder een afdeklaag, en is het ecosysteem vooral afhankelijk van de afdekgrond. Tijdens de uitvoering van het project is sprake van een continu proces van ontgronden en verondiepen, en is de gewenste aanwezigheid van natuurdoeltypen nog niet aan de orde.

Granuliet laat in bioassays geen oversterfte zien van testorganismen, maar wel een langzamere groei en ontwikkeling dan in referentiemateriaal bij een van de testorganismen. Dit signaal van de bioassays betekent niet per se een relevant effect, maar zou kunnen betekenen dat granuliet mogelijk minder geschikt is als drager voor specifieke ecosystemen of natuurdoeltypen. Voor veel toepassingen worden hieraan echter geen eisen gesteld. In Over de Maas wordt granuliet afgedekt. Hierdoor speelt granuliet als drager voor het ecosysteem geen rol. Granuliet heeft ook geen invloed op de kwaliteit van bovenliggende deklagen. Het is daarom niet nodig om een nadere verklaring te zoeken voor het waargenomen signaal.

## 10 CONCLUSIES EN ANTWOORDEN

### 10.1 Conclusies

**Effecten:** In de periode oktober 2020 tot maart 2021 is door literatuuronderzoek en gerichte monsternamen onderzoek gedaan naar het gebruik van granuliet als aanvulmateriaal in Over de Maas. Daarbij is vastgesteld dat het gebruik van granuliet geen negatieve effecten heeft op mens en milieu in de eindsituatie of tijdens de uitvoering.

**Milieuhygiënische kwaliteit:** Granuliet valt in de milieuhygiënisch meest schone kwaliteitsklasse die in Nederland wordt toegekend aan grond. Er zijn in granuliet geen relevante concentraties verontreinigende stoffen aangetoond. Het bevat circa 0,01% (w/w) polyacrylamide. Granuliet bezit AW-kwaliteit en is daarmee toegestaan voor alle bodemtoepassingen, ook leef- of toplagen. Granuliet laat in bioassays geen oversterfte zien van testorganismen, maar wel een langzamere groei en ontwikkeling dan in referentiemateriaal bij een van de testorganismen. Dit signaal van de bioassays betekent niet per se een relevant effect, maar zou kunnen betekenen dat granuliet mogelijk minder geschikt is als drager voor specifieke ecosystemen of natuurdoeltypen. Voor veel toepassingen worden hieraan echter geen eisen gesteld. In Over de Maas wordt granuliet afgedekt. Hierdoor speelt granuliet als drager voor het ecosysteem geen rol.

**Acrylamide:** In geen enkel monster van grond, grondwater of oppervlaktewater is acrylamide aangetoond boven de detectielimiet. Ook in de toekomst is de vorming van acrylamide uit polyacrylamide niet waarschijnlijk. Polyacrylamide breekt slechts zeer langzaam af, en in het geval van afbraak, vooral naar kortere ketens polyacrylamide. In het natuurlijke systeem verloopt de afbraak van acrylamide aanzienlijk sneller dan de mogelijke vorming uit polyacrylamide, hoogstwaarschijnlijk is dit de reden dat geen acrylamide kon worden teruggevonden.

**Barium:** Barium wordt waargenomen in variërende concentraties in granuliet en het uitgeloopte water. De concentraties in dit water overstijgen het niveau dat bijvoorbeeld in de achterliggende polder wordt gemeten niet, en voldoen aan de meest recente jaargemiddelde milieukwaliteitseis voor barium in oppervlaktewater. Ze hebben geen effect op het bereiken van de natuurdoelen. Bovendien beperkt de reactie met sulfaat in het grond- en oppervlaktewater de concentraties

**Vertroebeling en verspreiding:** Tijdens de gehele periode van aanleg is sprake van vertroebeling door zowel ontgroning, de klasseerinstallatie en het aanbrengen van granuliet en andere grond en baggerspecie. In de vergunningen voor het realiseren van Over de Maas zijn geen eisen gesteld aan de vertroebeling in de Westplas en de uitstroomopening. vertroebeling door het lossen van granuliet duidt wel op verspreiding. De mate van verspreiding is tijdelijk en gering, en is onderhevig aan menging met andere grondsoorten en natuurlijke sedimentatie. Een effect op natuurdoeltypen als gevolg van deze tijdelijke vertroebeling wordt daarom ook niet verwacht.

## 10.2 Antwoord onderzoeksvragen

### 1. Waar is het granuliet toegepast binnen de vullichamen/plassen?

Op basis van peilresultaten van Over de Maas CV is een beeld gevormd van de verondiepingen. In de Westplas waren ook GPS-data van de loslocaties beschikbaar. De verwachte aanwezigheid van lagen granuliet is getoetst met een gericht aantal boringen in waterbodem (Westplas) of aangelegde landtongen (Moleneindse Waard). Onze resulterende bevindingen komen overeen met de informatie van Over de Maas CV.

**Westplas:** Gelijktijdig met andere externe grondstromen is ca 650.000 ton granuliet toegepast ten oosten van de opgespoten onderwaterdam. De toegepaste dikte varieert van minder dan een meter aan de randen, tot plaatselijk meer dan 12 m. Er is sprake van een afwisseling van veelal dunne lagen granuliet, andere grond en baggerspecie, tot dikke aaneengesloten lagen granuliet.

**Moleneindse Waard:** Gelijktijdig met andere externe en gebiedseigen grondstromen is ca. 120.000 ton granuliet toegepast aan de zuidoostzijde. Ook hier varieert de totale aangebrachte pakketdikte sterk, van minder dan een meter tot maximaal ca.12 meter. Binnen dit pakket bevinden zich lagen granuliet. Verdere details ontbreken. Op basis van reconstructiegegevens kan binnen dit pakket geen eenduidige toepassingslocatie van granuliet worden herleid. In één controleboring is in het bodemprofiel granuliet geïdentificeerd (traject van 10 tot 12 m).

### 2. Wat is de milieuhygiënische kwaliteit van het granuliet?

Granuliet valt in de meest schone kwaliteitsklasse die aan grond in Nederland wordt toegekend. Uit de kwaliteitsbewaking van de productstroom, de bemonstering van beunschepen en boringen blijkt dat de milieuhygiënische kwaliteit constant is en voldoet aan klasse achtergrondwaarde (AW). Er is geen acrylamide in het granuliet aangetoond.

De gehalten barium in het granuliet variëren. De spreiding heeft een natuurlijke oorzaak (oorsprong in gesteenten uit de groeven). Omdat in natuurlijke bodems in Nederland variërende gehalten kunnen worden aangetroffen, zijn bij een natuurlijke oorzaak de normen voor barium in grond en bagger ingetrokken.

### 3. Zijn er milieuhygiënisch relevante verschillen tussen de kwaliteit van het granuliet dat reeds is toegepast in het project (boringen Westplas en Moleneindse Waard) en het granuliet dat nog wordt toegepast (bemonstering enkele beunschepen)?

Nee, er is geen relevant verschil vastgesteld in de milieuhygiënische kwaliteit van het granuliet over de periode 2016 – 2020. Ook de korrelgrootteverdelingen duiden op een vergelijkbare en constante samenstelling. De productiestromen granuliet, beunschepbemonsteringen en boringen Moleneindse Waard en Westplas zijn vergelijkbaar.

### 4. Wat zijn de milieuhygiënische effecten van het granuliet op de kwaliteit van waterbodem, oppervlaktewater, grondwater?

In het uitgebreide onderzoek zijn geen milieuhygiënische effecten van granuliet vastgesteld op de kwaliteit van waterbodem, oppervlaktewater of grondwater. Zo wordt nergens acrylamide aangetroffen, en ook het van nature aanwezige barium in granuliet leidt niet tot verhoogde concentraties in de omgeving (ze zijn vergelijkbaar met bv. het oppervlaktewater gemeten bij de Alphense Uitvliet).

### 5. Zijn er effecten te verwachten op het ecosysteem (flora en fauna)?

Nee, er worden geen effecten verwacht voor het ecosysteem. In de eindsituatie ligt het granuliet onder een afdeklaag, en is het ecosysteem vooral afhankelijk van de afdekgrond. Tijdens de uitvoering van het project is sprake van een continu proces van ontgronden en aanvullen, en is de ontwikkeling van natuurdoeltypen nog niet aan de orde.

### 6. Zijn er effecten te verwachten tijdens de fase van toepassing van granuliet, en zijn hier vervolgens blijvende effecten van te verwachten?

Nee. Tijdens de fase van toepassing worden geen andere effecten verwacht dan troebelheid. Tijdens de aanleg van de plas zal echter regelmatig troebelheid optreden door meerdere oorzaken (winning en verondieping). Ondanks de momenteel terugkerende troebelheid wordt op dit moment een aquatisch ecosysteem waargenomen. Er kan worden gesteld dat de tijdelijke vertroebeling van het systeem geen blijvende gevolgen heeft voor het aquatische ecosysteem van de zoete plas op langere termijn.

**7. Zijn er effecten van de toepassing van het granuliet die in de weg staan van het bereiken van de formeel vastgelegde natuurdoelen en/of gezondheidseffecten voor de mens te verwachten?**

Nee. Het granuliet in Over de Maas is afgedekt en heeft geen invloed op de vastgelegde natuurdoelen. Ook gezondheidseffecten kunnen worden uitgesloten.

**8. Heeft de natuurlijke dynamiek van het riviersysteem en/of de geohydrologische situatie invloed op de mogelijke verspreiding (uitloging) van mogelijke aangetoonde stoffen in het granuliet?**

Nee. De uitloging van stoffen uit granuliet is marginaal. In lijn met de verwachtingen wordt in het veld barium niet in verhoogde concentraties aangetoond in grond- en oppervlaktewater ten opzichte van de omgeving.

**9. Heeft de natuurlijke dynamiek van het riviersysteem invloed op een proces van erosie tijdens de toepassing en in de eindsituatie?**

Nee. De kans op erosie is afhankelijk van de stroomsnelheid. Daarom zijn perioden van hoogwaterafvoer maatgevend. Tijdens de perioden van verondieping van zowel de Westplas als de Moleneindse Waard (2016/2017) is niet of nauwelijks sprake geweest van hoge stroomsnelheden tijdens hoogwaters en daarom ook niet van significante erosie. Ook het hoogwater van februari 2021 heeft niet geleid tot hoge stroomsnelheden door de Westplas en erosie was naar verwachting zeer beperkt. De kans dat in de resterende periode van verondieping (tot eind 2021) extreem hoogwater optreedt dat leidt tot erosie wordt relatief klein geacht. In de eindsituatie is het granuliet afgedekt met grond. Deze afdeklaag zal ook in het geval van hoogwatergolven niet of nauwelijks door erosie worden aangetast.

## **BIJLAGENRAPPORT (SEPARAAT)**

De bijlagen zijn opgenomen in een separaat bijlagenrapport (kenmerk D10027511:45).



## COLOFON

### REVIEW-ONDERZOEK GRANULIET OVER DE MAAS EINDRAPPORT

#### KLANT

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

#### AUTEUR

Arcadis

#### PROJECTNUMMER

C05044.000398

#### ONZE REFERENTIE

D10024486:219

#### DATUM

16 april 2021

#### **Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 264  
6800 AG Arnhem  
Nederland  
+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)