

RAPPORT

**Temperatuurmodellering  
koelwaterlozing Yukonhaven vanaf  
Porthos compressorstation**

MER Aramis CO2-transportinfrastructuur

Klant: Porthos CCS

Referentie: BI1330-RP-0001

Status: Definitief/01

Datum: 9 februari 2024

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35  
3818 EX Amersfoort  
Industry & Buildings  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**  
+31 33 463 36 52 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Temperatuurmodellering koelwaterlozing Yukonhaven vanaf Porthos  
compressorstation  
Ondertitel: Warmtelozing modellering Aramis  
Referentie: BI1330-RP-0001  
Status: 01/Definitief  
Datum: 9 februari 2024  
Projectnaam: Porthos CCS  
Projectnummer: BI1330

Classificatie

Projectgerelateerd

*Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever. Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.*

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Korte introductie van het Aramis initiatief	1
1.2	Korte introductie op het thema koelwatermodellering	3
1.2.1	Relevante fases	3
1.2.2	Relevante alternatieven en varianten	4
1.3	Opbouw van het MER en dit detailrapport	4
1.4	Leeswijzer	5
<b>2</b>	<b>Onderzoeksmethodiek</b>	<b>6</b>
2.1	TRIWAQ-model	6
2.2	Modelscenario	6
2.2.1	Nulsituatie	6
2.2.2	Modelscenario's	7
2.3	Beoordelingssystematiek	9
2.4	Randvoorwaarden en uitgangspunten	11
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>12</b>
3.1	Scenario: Lozingspunt 1	12
3.2	Scenario: Lozingspunt 3	15
3.3	Toekomstige ontwikkeling uitbreiding Yukonhaven	17
<b>4</b>	<b>Conclusies</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Literatuur</b>	<b>19</b>

## 1 Inleiding

Voor u ligt het detailrapport koelwatermodellering, onderdeel van het MER voor het Aramis initiatief.

Dit detailrapport heeft betrekking op het milieuthema koelwater. Hierbij zijn de mogelijke effecten op het oppervlaktewater beschreven.

Dit detailrapport bevat een gedetailleerde beschrijving en beoordeling van de effecten van alle onderdelen van het Aramis initiatief, en een globale beschrijving en beoordeling van de effecten van onderdelen die niet tot het Aramis initiatief behoren, maar wel tot de CCS-keten.

### 1.1 Korte introductie van het Aramis initiatief

#### Integrale Aramis CCS-keten

Om de klimaatdoelstellingen te behalen, is er behoefte aan additionele transportinfrastructuur voor CO<sub>2</sub>, waarmee meerdere opslaglocaties op zee worden ontsloten voor verschillende industriële emissiebronnen. Het Aramis initiatief speelt in op die behoefte door een nieuwe integrale en open CCS-keten mogelijk te maken. Het Aramis initiatief vormt een onderdeel van deze CCS-keten en bestaat uit de aanleg en exploitatie van een open CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur. Het Aramis initiatief wordt in de rapportage dan ook wel aangeduid als Aramis CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur. Samen met de afvanginfrastructuur en opslaginfrastructuur vormt dit de integrale CCS keten met onderstaande samenhangende onderdelen (zie figuur 1-1).

#### CO<sub>2</sub>-afvanginfrastructuur

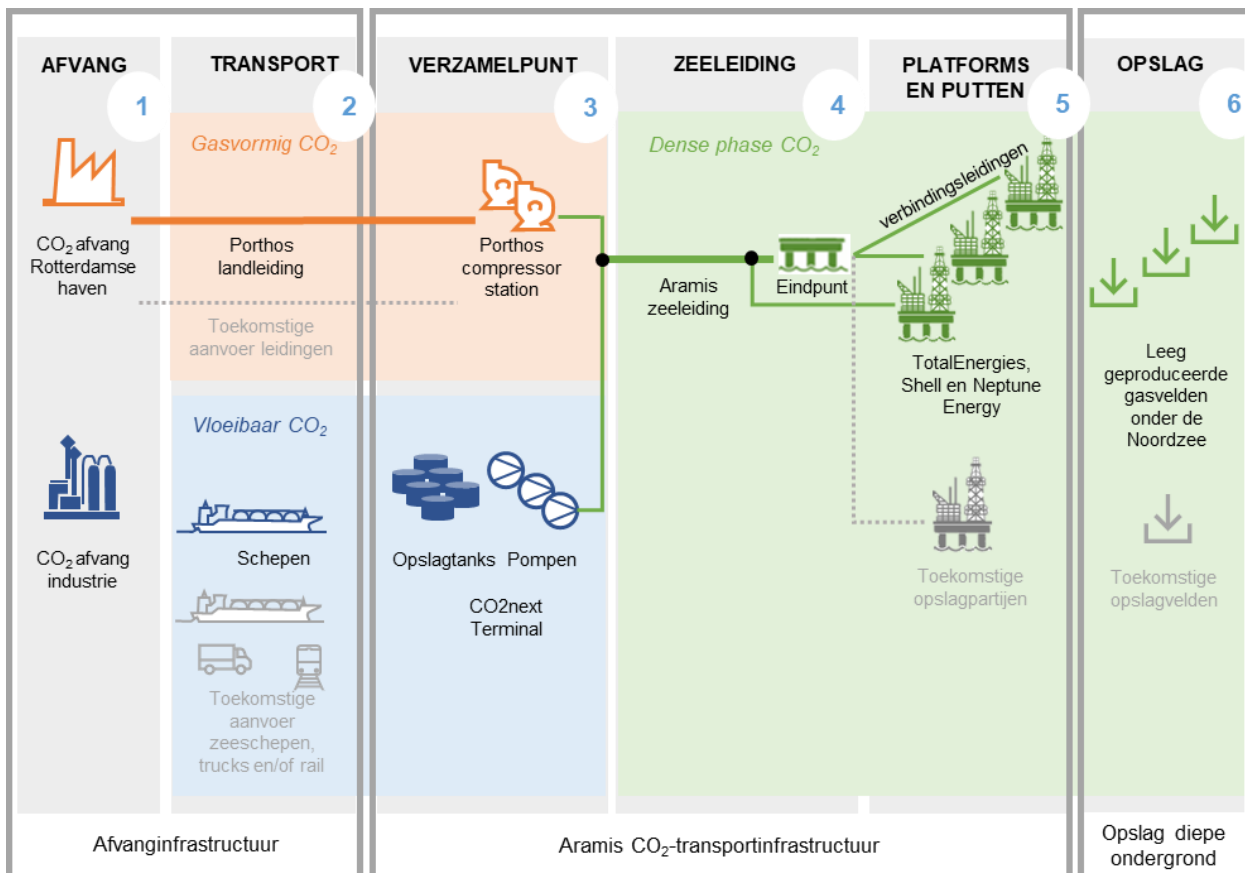
- 1 CO<sub>2</sub>-afvang bij industrie, en geschikt maken voor transport;
- 2 CO<sub>2</sub>-transport naar het verzamelpunt op de Maasvlakte, middels de Porthos landleiding of per schip;

#### CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur (Aramis initiatief)

- 3 CO<sub>2</sub>-verzamelpunt op de Maasvlakte met een compressorstation en een terminal.
  - Het compressorstation ontvangt gasvormig CO<sub>2</sub> dat aangevoerd wordt per landleiding (via de Porthos-landleiding) en brengt het op druk voor het transport per zeeleiding;
  - De terminal ontvangt vloeibaar CO<sub>2</sub> aangevoerd per schip. De terminal locatie bevat steigers, opslagtanks voor tijdelijke opslag van CO<sub>2</sub> en hogedrukpompen voor levering aan de zeeleiding. CO<sub>2</sub> uit het compressorstation en vanaf de terminal komen samen in de CO<sub>2</sub>-zeeleiding;
- 4 CO<sub>2</sub>-transport door de centrale CO<sub>2</sub>-zeeleiding naar het distributieplatform op de Noordzee. Dit platform is uitgerust met een verdeelstation voor toevoer van CO<sub>2</sub> naar de verschillende platforms. Er zijn tevens connectiepunten in de zeeleiding waar vandaan CO<sub>2</sub> aan platforms geleverd kan worden;
- 5 CO<sub>2</sub>-injectie: via verbindingsleidingen komt de CO<sub>2</sub> vanaf de zeeleiding bij injectieplatform. Middels putten bij deze platforms wordt CO<sub>2</sub> geïnjecteerd in leeg geproduceerde gasvelden in de diepe ondergrond van de Noordzee.

#### CO<sub>2</sub>-opslag diepe ondergrond

- 6 CO<sub>2</sub>-opslag: permanente CO<sub>2</sub> opslag in de diepe ondergrond.



Figuur 1-1. Overzicht van de integrale CCS-keten met daarin de componenten die onderdeel zijn van de voorgenomen activiteit, namelijk: transport per schip, terminal CO2next, uitbreiding compressorstation Porthos, zeeleiding met eindpunt en connectiepunten, aansluitleidingen en platforms

### Het Aramis initiatief

Het Aramis initiatief heeft als doel het verzamelpunt (onderdeel 3), de zeeleiding (onderdeel 4) en de injectie (onderdeel 5) te realiseren. Hiervoor wordt door het Aramis consortium (bestaande uit Shell, TotalEnergies, Gasunie en EBN) samengewerkt met CO2next (voor de terminal) en Porthos (voor het compressorstation). De opslag vindt plaats vanaf de platforms van Shell, TotalEnergies en Neptune Energy.

De afvang (onderdeel 1) en transport van CO<sub>2</sub> naar het verzamelpunt (onderdeel 2) vallen buiten het Aramis initiatief<sup>1</sup>. In het MER worden deze aspecten wel benoemd en op hoofdlijnen beschreven, omdat ze integraal onderdeel uitmaken van de integrale Aramis CCS keten.

De opslag in de diepe ondergrond (onderdeel 6) valt eveneens buiten het initiatief. Voor de diepe ondergrond gelden geen milieuregels. De mogelijke gevolgen van opslag in de diepe ondergrond wordt echter wel apart beschreven in het MER middels de deelrapporten opslag diepe ondergrond.

Bij de aanleg van Aramis wordt rekening gehouden met toekomstige uitbreiding met meer leveranciers van CO<sub>2</sub> en meer opslagpartijen. In eerste instantie wordt vergunning aangevraagd voor een startsituatie en de eerste uitbreidingssituatie. Dit wordt in het MER getoetst. Toekomstige initiatieven na de eerste uitbreidingssituatie behoren niet tot de vergunningaanvraag maar worden in het MER wel (globaal) beschreven.

<sup>1</sup> Een deel van de schepen die CO<sub>2</sub> leveren aan de terminal is afkomstig van Aramis-initiatiefnemers.

De ingebruikname verwachten de Aramis initiatiefnemers in 2028, waarbij tegelijk al de eerste activiteiten zoals beschreven in de eerste uitbreidingsituatie kunnen starten. Voor het bereiken van de maximale doorvoercapaciteit is enkele jaren later als uitgangspunt in het MER aangehouden.

Een uitgebreide beschrijving van het Aramis initiatief is opgenomen in het deelrapport technische beschrijving en het samenvattend hoofdrapport MER (zie figuur 1-2).

## 1.2 Korte introductie op het thema koelwatermodellering

In dit rapport is de warmtemodellering beschreven en wordt de berekende watermteverspreiding getoond ten gevolge van koelwaterlozing in de Yukonhaven. Het betreft de afvoer van koelwater voor zowel Porthos als Aramis. Deze modellering is een vervolg op de warmtemodelleringstudie voor de MER voor Porthos CCS in 2020. De onderzoeksvraag betreft het scenario waarbij het Porthos compressorstation geen gebruik maakt van het uitstroompunt van Gate en Porthos dus zelf een lozingspunt nodig heeft. De uitgang van de Yukonhaven zal hiervoor gebruikt kunnen worden.

### Achtergrond

Het doel van het Porthos CCS project is dat afgevangen CO<sub>2</sub> van de industrie, gelegen in de Rotterdamse Haven, via een leiding wordt getransporteerd naar opslagvelden in de Noordzee. Eén van de onderdelen is het comprimeren van de CO<sub>2</sub> voordat het via een leiding getransporteerd en opgeslagen kan worden onder de Noordzee. Inmiddels is hieraan toegevoegd het Aramis CCS project, waarvoor aanvullend CO<sub>2</sub>-compressie in het compressorstation vereist is.

Als gevolg van het compressieproces neemt de temperatuur van de CO<sub>2</sub>-stroom toe. Om te voorkomen dat de temperatuur te veel toeneemt, is koeling van de CO<sub>2</sub>-stroom nodig. Koeling bij het compressieproces vindt plaats middels waterkoeling, waarbij gebruik wordt gemaakt van oppervlaktewater. Het opgewarmde koelwater wordt vervolgens weer geloosd, terug op het oppervlaktewater. Lozing van relatief warm water geeft opwarming van het oppervlaktewater met mogelijk negatieve gevolgen voor het aquatische systeem. Een kwantitatieve onderbouwing van de opwarmingseffecten van de koelwaterlozing geeft inzicht in hoeverre de opwarming binnen de geaccepteerde normen blijft. Hiervoor is een kwantitatieve onderbouwing middels warmtemodellering gewenst.

De modellering is uitgevoerd met het bestaande numerieke TRIWAQ-model van het Havenbedrijf Rotterdam. In de simulatie wordt de achtergrondtemperatuur, de watertemperatuur zonder warmtelozing van het Porthos compressorstation (nulsituatie), berekend en vergeleken met de watertemperatuur bij een situatie met een warmtelozing voor de compressie van de CO<sub>2</sub>-stroom van zowel Porthos als Aramis.

### Doel van de studie

Het doel van de warmtemodelleringsstudie is om de verspreiding van het koelwater te berekenen in de Yukonhaven. De resultaten van deze studie worden beoordeeld volgens de criteria vastgelegd in de Commissie Integraal Waterbeheer (CIW)-beoordelingssystematiek warmtelozingen (Rijkswaterstaat, 2004) als input voor de effectbeoordeling.

#### 1.2.1 Relevante fases

Het MER bestudeert die aspecten van een activiteit die de fysieke leefomgeving kunnen beïnvloeden. De milieueffecten van de alternatieven en varianten voor het thema koelwaterlozing worden beschreven. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de aanlegfase en gebruiksfase, en worden de mogelijke effecten van een incident beschreven;

- De aanlegfase bestaat uit de aanleg van de koelwaterlozing.

- Tijdens de gebruiksfase wordt opgewarmd koelwater geloosd.

### 1.2.2 Relevante alternatieven en varianten

In het MER zijn verschillende alternatieven en varianten onderzocht. Deze alternatieven en varianten zijn voor het milieuthema bodem niet allemaal relevant. In Tabel 1-1 zijn de relevante alternatieven opgenomen.

Tabel 1-1 Relevante varianten voor het aspect koelwaterlozing.

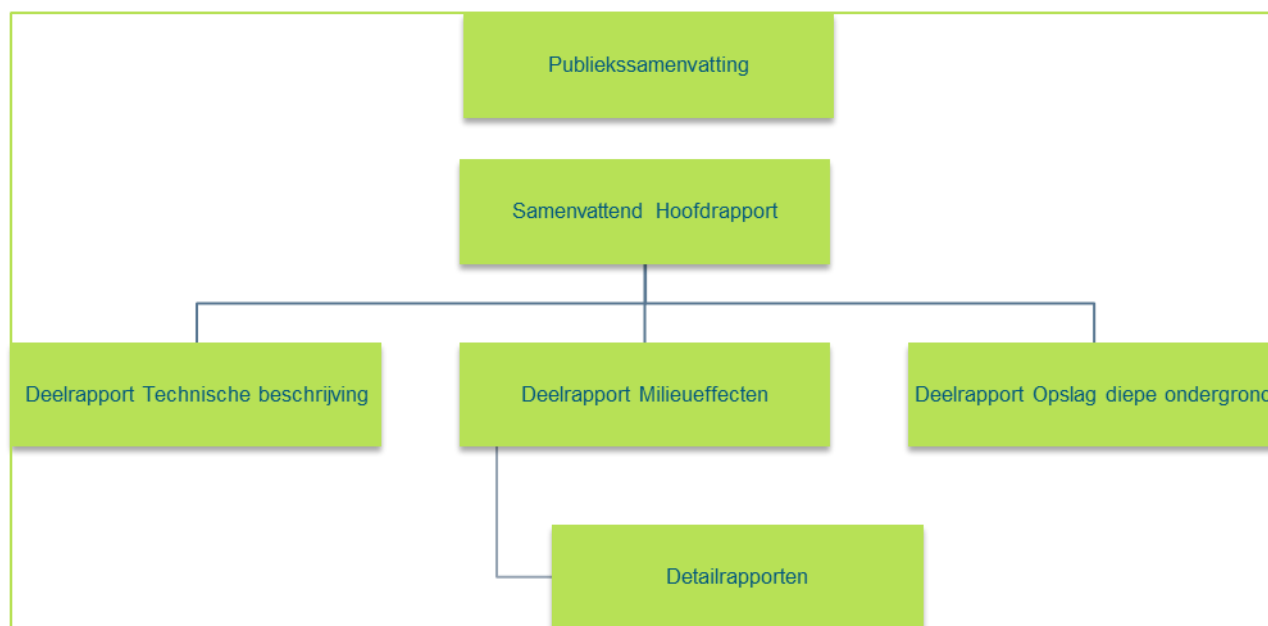
Locatie	Voorgenomen activiteit	Variante
Koelwaterverwerking	Aansluiting koelwatersysteem op het GATE warmwatersysteem	Directe koelwaterlozing via de Yukonhaven op het Yangtzekanaal

Dit detailrapport heeft betrekking op de variante directe koelwaterlozing op de Yukonhaven. Een uitgebreide beschrijving van al de alternatieven en varianten is opgenomen in het deelrapport Technische beschrijving bij het MER.

### 1.3 Opbouw van het MER en dit detailrapport

Voor het Aramis initiatief is een gecombineerd Plan-/Project MER opgesteld. Figuur 1-2 geeft de rapportagestructuur van het MER Aramis. Het MER bestaat uit een Samenvattend Hoofdrapport, voorzien van een Publiekssamenvatting. Ter onderbouwing van het Samenvattend Hoofdrapport zijn deelrapporten opgesteld. Dit betreft het deelrapport Technische beschrijving van Aramis, het deelrapport Milieueffecten met daarbij de onderliggende technische detailstudies en de deelrapporten Opslag diepe ondergrond. Doordat CO<sub>2</sub> in meerdere geologische voorkomens wordt opgeslagen, zijn er voor de opslag diepe ondergrond meerdere deelrapporten opgesteld.

Het voorliggende rapport is het detailrapport Koelwaterlozing. De bevindingen uit dit detailrapport zijn opgenomen in het Deelrapport Milieueffecten, en op hoofdlijnen in het Samenvattend Hoofdrapport.



Figuur 1-2 - Overzicht rapportagestructuur MER Aramis

## **1.4 Leeswijzer**

Dit rapport beschrijft de gehanteerde methodiek en de resultaten van de warmtemodellering van de koelwaterlozing in de Yukonhaven. In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de modelleringsmethodiek zoals het toegepaste numerieke model, de nulsituatie en de te onderzoeken scenario's, de gehanteerde beoordelingssystematiek en de genomen randvoorwaarden en uitgangspunten. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de modellering beschreven en getoetst aan de beoordelingssystematiek. Hoofdstuk 4 geeft de conclusie van de resultaten.



## 2 Onderzoeksmethodiek

In dit hoofdstuk wordt eerst een beschrijving gegeven van het toegepaste numerieke model en modelschematisatie. Vervolgens worden de uitgangspunten van de warmtelozingen van de bestaande situatie (nulsituatie) en de situatie met een warmtelozing van Porthos CCS in de Yukonhaven beschreven. Daarna worden de beoordelingscriteria beschreven voor toetsing van de koelwaterinnames en -lozingen. Als laatste worden de gehanteerde hydrodynamische en meteorologische randvoorwaarden uitgelegd.

### 2.1 TRIWAQ-model

Voor de warmtemodellering is gebruik gemaakt van een WAQUA/TRIWAQ modelschematisatie van het Havenbedrijf Rotterdam N.V. Deze modelschematisatie vormt onderdeel van het Operationeel Scheepvaartbegeleidingsmodel Rotterdam (OSR). Binnen het OSR worden een tweetal stromingsmodellen gebruikt, het Havenmodel en het NSC-model. Het Havenmodel is afgeleid van het Zeedelta-model. Het NSC-model is een door het Havenbedrijf Rotterdam ontwikkeld detailmodel van het havengebied. Het TRIWAQ-model van het havengebied is in deze studie toegepast (het NSC-model). De opzet van alle in dit kader te benoemen stromingsmodellen is gericht op toepassing van TRIWAQ (onderdeel van het door RWS ontwikkelde software pakket SIMONA). SIMONA versie 2014 is in deze studie toegepast.

De randvoorwaarden van het NSC-model zijn afgeleid vanuit het Havenmodel (2D-WAQUA-model).

Het TRIWAQ-model (inclusief randvoorwaarden) is door het Havenbedrijf Rotterdam aan Royal HaskoningDHV voor deze studie in het kader van CCS Porthos verstrekt in januari 2023.

In het model was de temperatuur nog niet geïmplementeerd. In deze studie is het temperatuur model geïmplementeerd met dezelfde opties/parameters zoals beschreven bij SVASEK (SVASEK, 2011).

Aangezien het NSC-Fijn NF03 model een veel toegepast en bekend model is, worden in deze rapportage alleen de aspecten van het model die relevant zijn voor deze studie beschreven.

De warmteuitwisseling met de omgeving wordt gemodelleerd door middel van een warmtemodel onderdeel van het TRIWAQ-model (SIMONA, 2014). Gekozen is om te rekenen met een volledig warmtemodel, waarbij een warmtebalansmodel volgens de methode de Goede wordt toegepast. Dit komt overeen met het "Ocean" temperatuurmodel in Delft3D (Deltares, 2014).

### 2.2 Modelscenario

#### 2.2.1 Nulsituatie

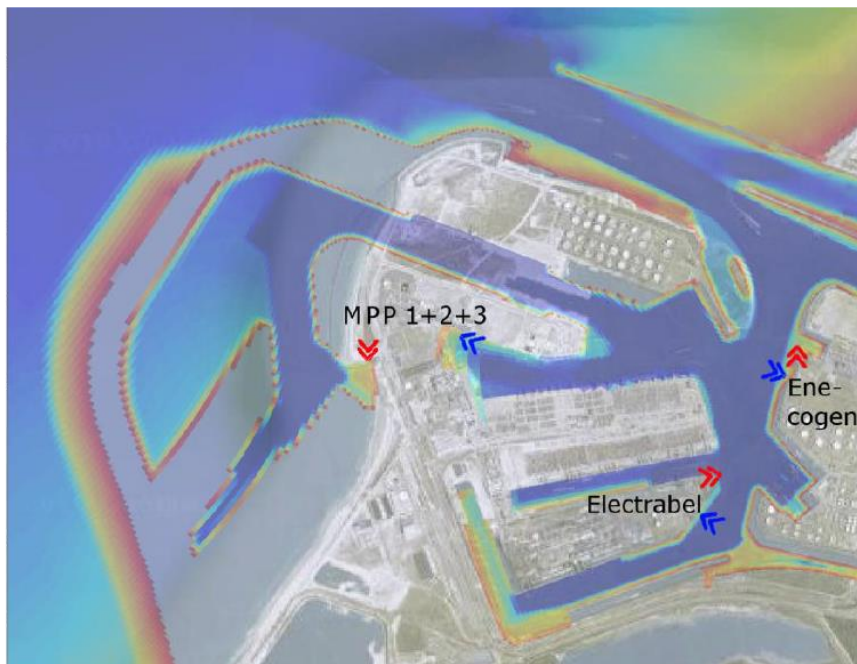
De nulsituatie is in kaart gebracht. Met de nulsituatie wordt gerefereerd naar de huidige situatie in het gebied rondom de Yukonhaven gelegen op de Maasvlakte wat betreft warmtelozingen, exclusief de toekomstige warmtelozing van Porthos CCS. Uit de nulsituatie wordt een achtergrondtemperatuur afgeleid dat wordt vergeleken met de temperatuur van een situatie inclusief de warmtelozing van Porthos CCS.

In de huidige situatie van de Maasvlakte zijn verschillende bestaande warmtelozingen. Figuur 2-1 laat de lozingslocaties zien op de Maasvlakte: Enecogen, Electrabel en Uniper (MPP1+2+3). De onttrokken afvoeren en lozingen worden samen met het temperatuurverschil in de modelschematisatie opgenomen. Tabel 2 geeft de opgenomen temperatuurverschillen en afvoeren van de warmtelozingen van de bestaande lozingslocaties. De lozingslocaties MPP1 en 2 zijn niet meer meegenomen in de modellering omdat deze niet meer actief zijn.

Het is opgemerkt dat er in het bestaande lozingspunt van Gate in het Yangtzekanaal koud water wordt geloosd vanuit de LNG Gate terminal. In deze studie gaan we ervan uit dat er geen koud water vanuit de LNG terminal geloosd wordt, om zo de maximale temperatuuroename van de verspreiding van de Porthos CCS koelwaterlozing te voorspellen.

Tabel 2. Uitgangspunten warmtelozingen bestaande situatie (SVASEK, 2011)

	$\Delta T$ (°C)	Q (m <sup>3</sup> /s)
Enecogen	7,1	17,1
Electrabel	8	21,9
MPP1 en 2	-	-
MPP3	8	32,5



Figuur 2-1. Bestaande warmtelozingslocaties: onttrekkingen (blauwe pijlen) en lozingen (rode pijlen) (Bron: Svasek, 2011).

### 2.2.2 Modelscenario's

De modelscenario's gaan uit van voorgesteld lozingspunt van het koelwater van Porthos CCS in de Yukonhaven. De Yukonhaven is een insteekhaven met een lengte van 255 m, een breedte van circa 150 m en een diepgang van 10 m (Figuur 2-2). Zodra het koelwater in de Yukonhaven stroomt, vormt zich een pluim. De vorm van deze pluim is afhankelijk van o.a. de stroomsnelheid vanuit het afvoerkanaal, temperatuur koelwater en de diepte en locatie van de lozing.

De koelwaterlozing voor Porthos CCS en Aramis CCS samen heeft een warmtekracht van 100 MW met een constant debiet van 7.500 m<sup>3</sup>/uur (2,08 m<sup>3</sup>/s) bij een draaiende capaciteit van alle 5 de compressoren.

Dit resulteert in een koelwatertemperatuur van  $\Delta T=13,3$  °C. Voor de achtergrondtemperatuur is een zomerperiode gepakt met een watertemperatuur van 21 °C, dus een conservatieve situatie.

Om de locatiegevoeligheid van de warmteverspreiding te bepalen, zijn er naar verschillende lozingspunt opties gekeken in de Yukonhaven (Figuur 2-2).

- Lozingspunt 1: diep gepositioneerd in de Yukonhaven.
- Lozingspunt 2: aan het begin van de Yukonhaven, maar deze locatie wordt beschouwd als niet technisch realiseerbaar.
- Lozingspunt 3: gelegen op de rand van de Yukonhaven aan het Yangtzekanaal, deze locatie is wel doorgerekend, maar Gate heeft aangegeven dat het onwenselijk is gezien toekomstige plannen van Gate.

Een scenario voor lozingspunt optie 1 en optie 3 zijn gemodelleerd.

### **Toekomstige ontwikkeling uitbreiding Yukonhaven**

Er zijn plannen om de Yukonhaven uit te breiden naar het westen, waardoor de haven aanzienlijk groter wordt. Deze uitbreiding zal een significant effect hebben op de warmteverspreiding. Omdat het simuleren van de uitbreiding aanpassingen vergt aan het bestaande TRIWAQ-model is er gekozen om een kwalitatieve inschatting te maken van het effect van de uitbreiden op de warmteverspreiding in de Yukonhaven. Deze kwalitatieve beschouwing is in paragraaf 3.3 nader toegelicht.



*Figuur 2-2: Getoetste lozingspunten in de Yukonhaven.*

## 2.3 Beoordelingssystematiek

De resultaten van de berekeningen worden getoetst op de criteria vastgelegd in de CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen (Rijkswaterstaat, 2004). In dit document is aangegeven dat de eerder geldende ABK-richtlijnen niet meer gelden en de beoordelingssystematiek kijkt naar de opwarming van het ontvangende water en er niet meer naar de maximale watertemperatuur van de lozing. In de CIW beoordelingssystematiek zijn drie aspecten van belang:

- **Onttrekking:** inzuigen van oppervlaktewater, waarbij het risico is dat (juvenile) vissen ingezogen worden en verzwakken/sterven.
- **Mengzone:** gebied nabij het lozingspunt waarbinnen de temperatuurlimieten overschreden (mogen) worden. De mengzone mag niet groter zijn dan 25% van de natte dwarsdoorsnede zijn.
- **Opwarming:** opwarming van het oppervlaktewater buiten de mengzone als gevolg van de lozing van verwarmd water.

Voor het beoordelen van het effect van de warmtelozing worden de resultaten getoetst op de aspecten **mengzone** en **opwarming**. Het aspect **onttrekking** is in deze studie buiten beschouwing gelaten. Tabel 3 geeft het overzicht van de beoordelingscriteria waaraan het effect van een warmtelozing op de Maasvlakte dient te voldoen.

Het CIW maakt onderscheid in toegestane opwarming tussen watersystemen. De Maasvlakte valt onder de categorie getijdenhaven waar de temperatuur groter of gelijk aan 30 °C mag zijn, voor niet meer dan 25% van de mengzone.

De samenstelling van het aquatisch milieu wordt beïnvloed door opwarming van het oppervlaktewater. Daarbij hebben bepaalde soorten voldoende lage temperaturen nodig om zich te kunnen voortplanten. De Yangtzekanaal in de Maasvlakte, waaraan de Yukonhaven zich mee verbindt, is een zoutwatergebied, dat onder de kwaliteitsdoelstelling van schelpdieren zoals mosselen, oesters, kokkels en wulken valt. Voor schelpdierwater geldt een maximale opwarming van  $\Delta T \leq 2^\circ\text{C}$  t.o.v. de achtergrondtemperatuur tot een maximum van 25°C.

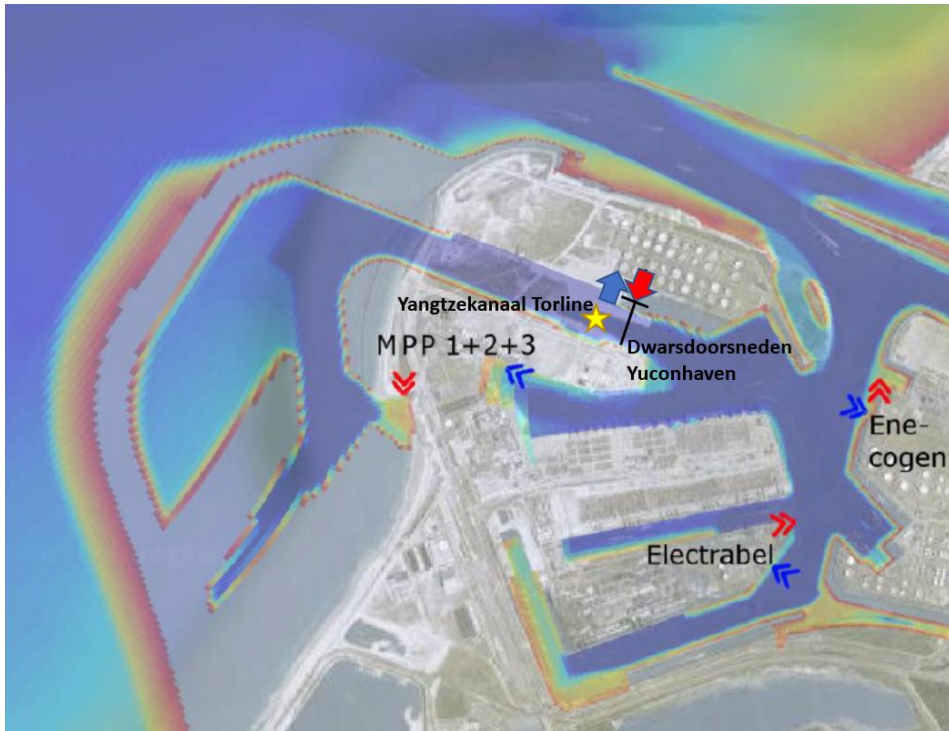
Tabel 3: Overzicht van de criteria voor het beoordelen van het effect van warmtelozingen op de Maasvlakte. Bron: Rijkswaterstaat, 2004.

Beoordelingscriteria	Randvoorwaarden
<b>Mengzone</b>	
<i>Dwarsdoorsnede van de mengzone</i>	Binnen de mengzone mag de $T \geq 30^\circ\text{C}$ zijn voor maximaal 25% van de natte dwarsdoorsnede
<b>Opwarming</b>	
<i>Toegestane T <u>binnen</u> de mengzone</i>	$T \geq 30^\circ\text{C}^2$
<i>Maximale T <u>op de rand van de</u> mengzone</i>	$T = 30^\circ\text{C}$
<i>Maximale opwarming van het water <u>buiten</u> de mengzone</i>	$\Delta T \leq 2^\circ\text{C}$ t.o.v. de achtergrondtemperatuur tot een maximum van 25°C voor schelpdierwater

<sup>2</sup> Het deel van het watersysteem (in de nabijheid van een lozingspunt) dat ten gevolge van een warmtelozing op een temperatuur groter of gelijk aan 30 °C is gebracht en wordt begrensd door respectievelijk de ruimtelijke 30 °C-isotherm.

Om te toetsen of aan het criterium mengzone wordt voldaan, wordt gekeken naar dwarsdoorsneden van het oppervlaktewater bij het lozingspunt. In Figuur 2-3 zijn de posities van de dwarsdoorsnede weergegeven (aangegeven als een zwarte lijn).

Om te toetsen of aan het criterium opwarming wordt voldaan, wordt gekeken naar de warmtespreiding in de waterlaag van de lozing. Deze figuren zijn gegenereerd voor verschillende tijdstippen in de periode waarin de maximale temperatuurverschillen optreden (7 augustus 2010, elke 30 min).



Figuur 2-3. Warmtelozingspunt Yukonhaven met toetsingspunten: Dwarsdoorsneden criterium mengzone (zwarte lijn).

## 2.4 Randvoorwaarden en uitgangspunten

### Hydrodynamische randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor de zee komen uit het Havenmodel (een uitgebreid 2D-model van een groot gebied dat het gebied van het NSC-model overlapt) voor de periode 21 juli tot en met 15 augustus 2010. De windparameters die gebruikt zijn een snelheid van 7 m/s met een zuidwestelijke richting.

De rivierafvoer op de rand van het model is gelijk aan de werkelijk gemeten afvoer in de periode 21 juli – 15 augustus 2018. De Rijnafvoer in deze periode was laag, rond de 1.000 m<sup>3</sup>/s. De watertemperatuur die op de randen van het model is opgelegd is gebaseerd op metingen uit de periode 21 juli-augustus 2018. In deze periode is sprake van relatief extreem warm zomer weer, dat eindigt rond 7 augustus.

### Meteorologische randvoorwaarden

Binnen dit warmtemodel dienen de volgende meteogegevens te worden gegeven: luchttemperatuur, luchtvochtigheid en bevolkingsgraad. Voor de meteorologische randvoorwaarden wordt de periode 21 juli tot en met 15 augustus 2018 aangehouden. In deze periode is sprake van relatief extreem warm zomer weer, dat eindigt rond 7 augustus. Het warmtemodel wordt dus met realistische zomerwaarden gevoed. De luchttemperatuur en luchtvochtigheid van de KNMI-meetlocatie Hoek van Holland is toegepast. Van de KNMI-meetlocatie Luchthaven Rotterdam is de bewolkinggraad toegepast.

### Simulatie periode

De gekozen periode die gesimuleerd wordt is 27 juli tot en met 8 augustus 2010. De maximale temperatuur in de simulatie is op 7 augustus om 22:00 (dit is het einde van een lange warme periode). Dit is weergegeven in bijlage 1, met het temperatuurverloop in de tijd op een representatief toetsingspunt: Yangtzekanaal Torline. Deze locatie is zichtbaar in Figuur 2-3.

### 3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de warmtemodellering getoond en getoetst op het criterium mengzone en opwarming (zie H2.3). Het effect van de Yukonhaven-Gate waterlozing wordt getoetst voor scenario's met verschil in lozingspunten in de Yukonhaven:

- Lozingspunt 1: diep gepositioneerd in de Yukonhaven.
- Lozingspunt 3: gelegen op de rand van de Yukonhaven aan het Yangtzekanaal.

Verder is er kwalitatieve inschatting gemaakt van het effect van de uitbreiden van de Yukonhaven op de warmteverspreiding in deze haven.

In de simulatieperiode is de maximaal temperatuur gemodelleerd op 7 augustus om 21:00 uur. De geplote 2D resultaten zijn weergegeven voor dit moment.

Voor het beoordelingscriterium opwarming mag het water buiten de mengzone opwarmen met een  $\Delta T \leq 2^\circ\text{C}$  ten opzichte van de achtergrondtemperatuur voor schelpdierwater. De achtergrondtemperatuur in de nulsituatie is maximum  $22^\circ\text{C}$ . Dit betekent dat de **temperatuur buiten de mengzone in de scenario's maximaal  $24^\circ\text{C}$**  mag zijn.

#### 3.1 Scenario: Lozingspunt 1

Om het de criteria te toetsen zijn de dwarsdoorsneden van de lozing in de Yukonhaven en het Yangtzekanaal van de nulsituatie en met lozingspunt 1 weergegeven in Figuur 3-1. De posities van de dwarsdoorsnede zijn te zien in Figuur 2-3. De temperatuur aan het wateroppervlak is te zien in Figuur 3-3.

##### Criterium mengzone

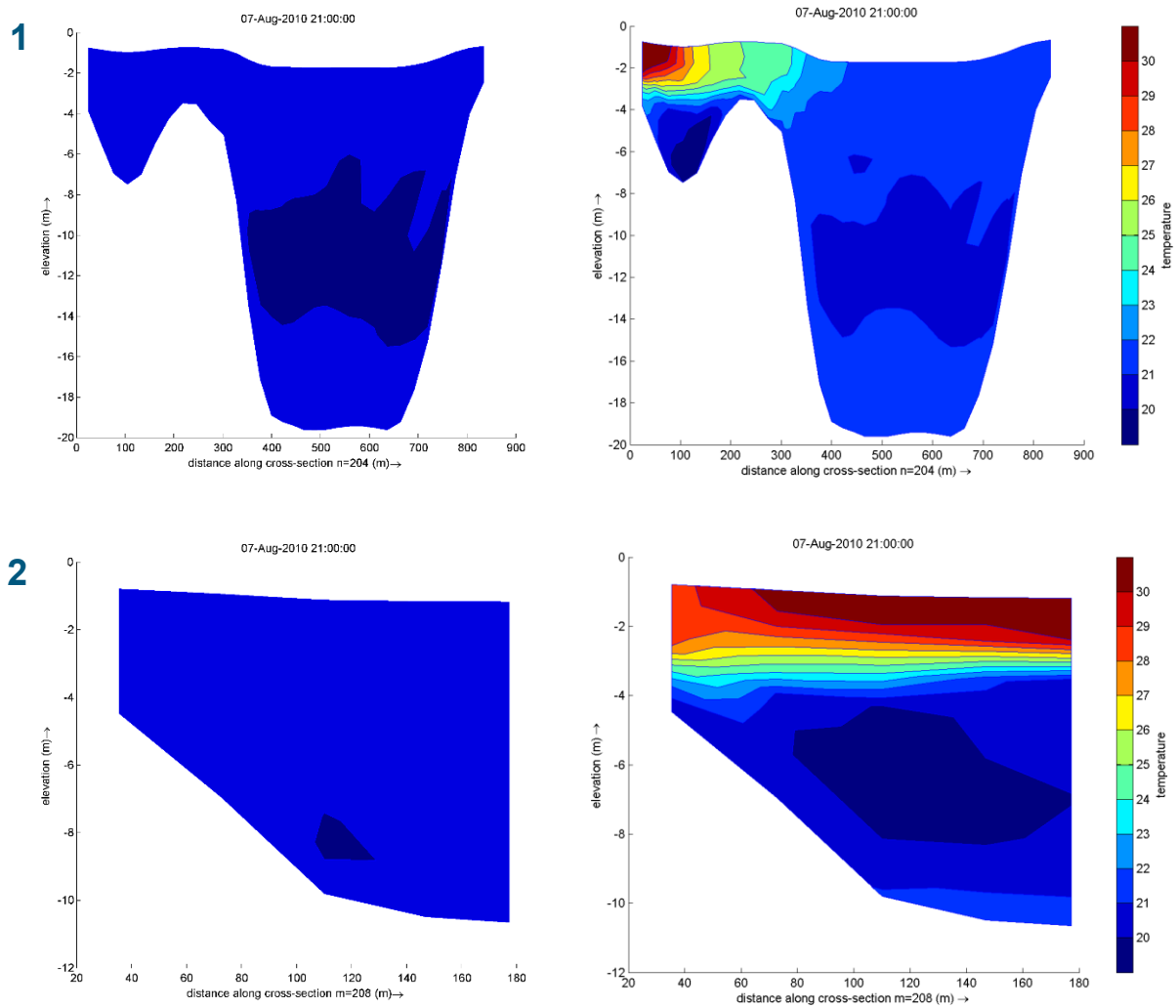
De lozing heeft een maximale temperatuur van  $>30^\circ\text{C}$  en is daarmee hoger dan de gestelde temperatuurgrens van  $30^\circ\text{C}$  voor de mengzone. Dit is toegestaan voor maximaal 25% van de natte dwarsdoorsnede. Voor zowel de noord-zuid als west-oost dwarsdoorsnede is dit niet het geval en daarmee overschrijdt de lozing niet de gestelde criteria voor de mengzone.

##### Criterium opwarming

Om het criterium opwarming te toetsen, wordt gekeken naar de warmtespreiding binnen en buiten de mengzone. De mengzone van de lozing is geconcentreerd in de bovenste lagen van de waterkolom in de Yukonhaven, met stratificatie in de temperatuur met de hoogste temperaturen aan het oppervlak (Figuur 3-1).

In de Yukonhaven is een temperatuur van  $T > 24^\circ\text{C}$  (grens van mengzone) te zien tot een diepte van -3 meter NAP. De grens van de mengzone ligt op maximaal 25%, wat een diepte is van -2,5 meter NAP in de Yukonhaven. Hierdoor is het natte oppervlak van de mengzone groter dan 25% en voldoet daarmee niet aan de gestelde grens van opwarming voor schelpdierwater in de Yukonhaven.

In het Yangtzekanaal neemt de maximale opwarming snel afneemt door invloed van stromingen en door het grotere natte oppervlak. Hierdoor voldoet het criterium opwarming wel in het Yangtzekanaal (Figuur 3-3).

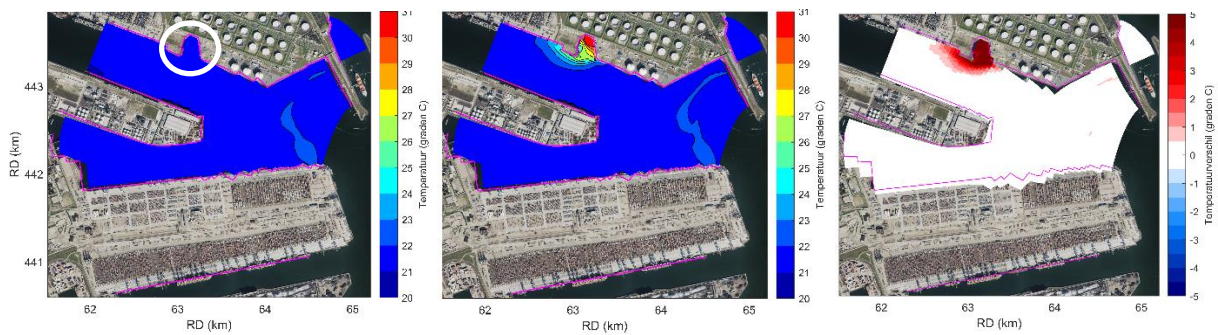


Figuur 3-1. Temperatuur bij de dwarsdoorsneden van (1) noord-zuid en (2) oost-west voor de nulsituatie (links) en scenario lozingspunt 1 (rechts). Zie Figuur 3-2 voor de posities van de dwarsdoorsneden.





Figuur 3-2: Posities van de dwarsdoorsneden.



Figuur 3-3. Temperatuur aan het wateroppervlak voor de nulsituatie met een cirkel om de Yukonhaven heen (links).scenario lozingspunt 1 (midden) en het Temperatuurverschil t.o.v. de Nulsituatie (rechts).

### 3.2 Scenario: Lozingspunt 3

Om het de criteria te toetsen zijn de dwarsdoorsneden van de lozing van de nulsituatie en lozingspunt 3 in de Yukonhaven en het Yangtzekanaal weergegeven in Figuur 3-4. De posities van de dwarsdoorsnede zijn te zien in Figuur 3-5. De temperatuur aan het wateroppervlak is te zien in Figuur 3-6.

#### Criterion mengzone

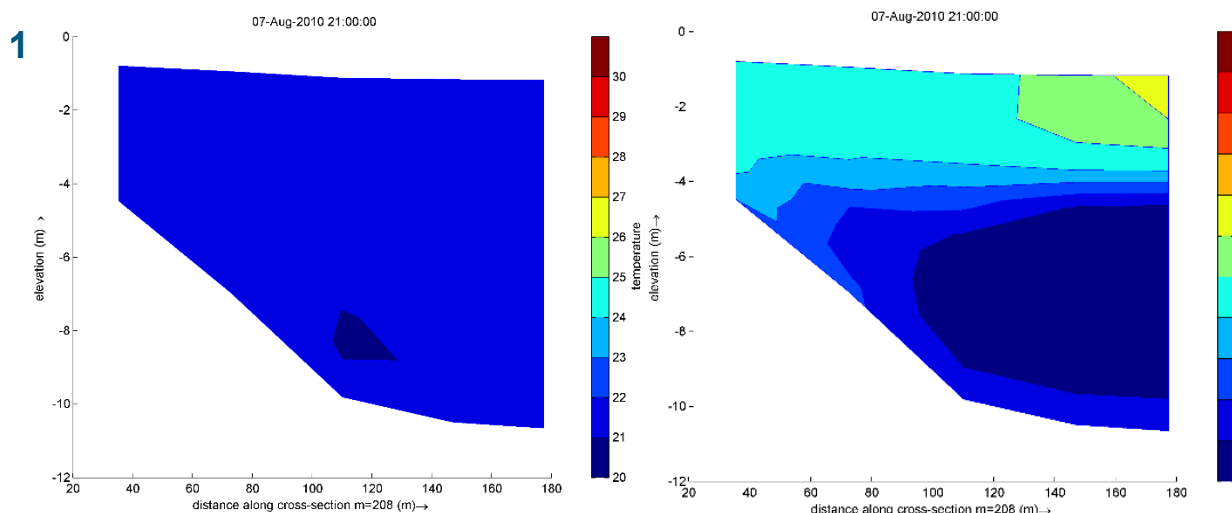
De lozing heeft een maximale temperatuur van  $>30\text{ }^{\circ}\text{C}$  en is daarmee hoger dan de gestelde temperatuurgrens van  $30^{\circ}\text{C}$  voor de mengzone. Dit is toegestaan voor maximaal 25% van de natte dwarsdoorsnede. Voor zowel de noord-zuid als west-oost dwarsdoorsnede is dit niet het geval en daarmee overschrijdt de lozing niet de gestelde criteria voor de mengzone.

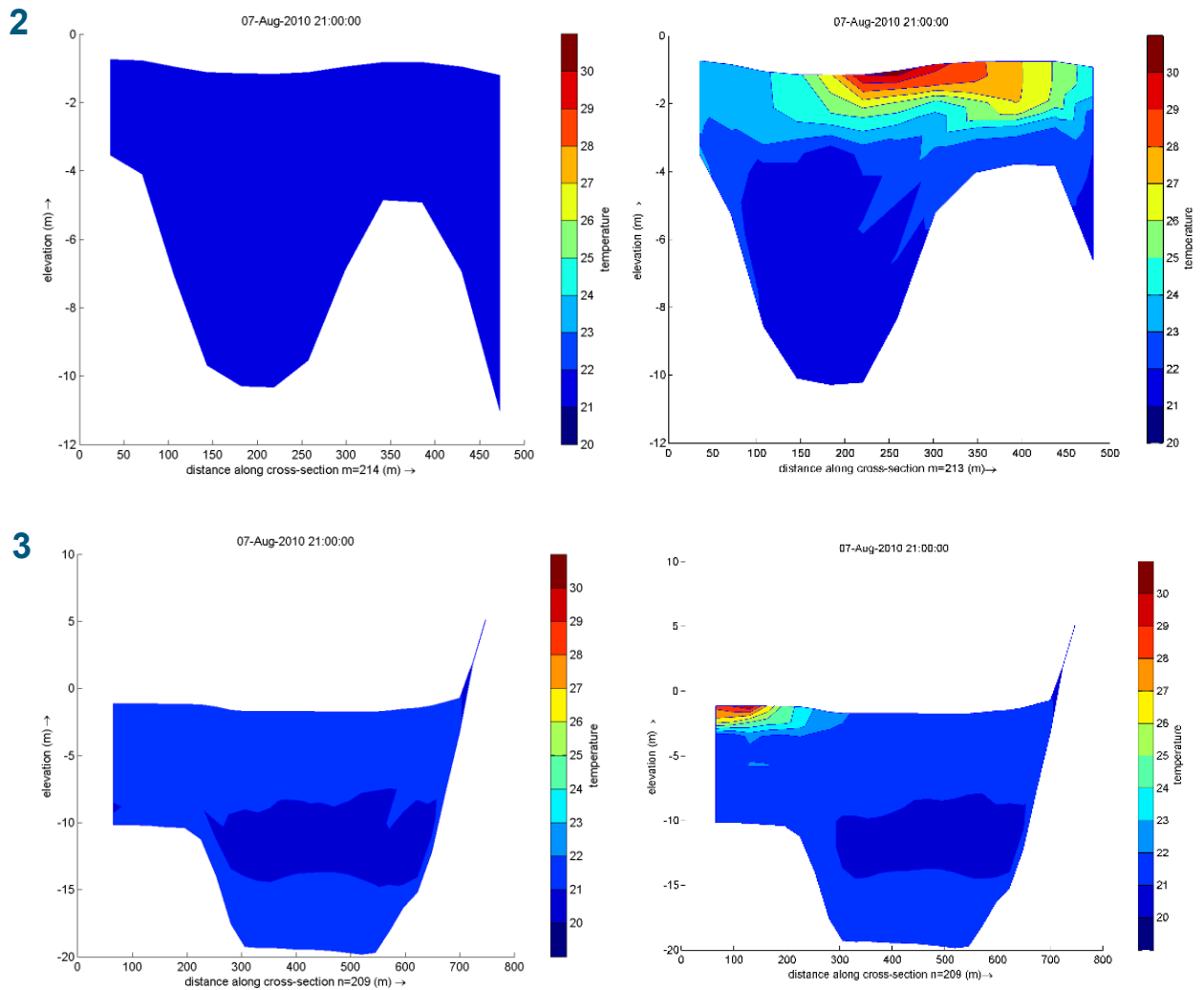
#### Criterion opwarming

Om het criterium opwarming te toetsen, wordt gekeken naar de warmtespreiding binnen en buiten de mengzone. De mengzone van de lozing is geconcentreerd rondom het lozingspunt en mengt in de bovenste lagen van de waterkolom in de Yukonhaven (Figuur 3-4).

In de Yukonhaven is een temperatuur van  $T>24^{\circ}\text{C}$  (grens van mengzone) te zien tot een diepte van -4 meter NAP (zie dwarsdoorsnede 1 van Figuur 3-4). De grens van de mengzone ligt op maximaal 25%, wat een diepte is van -2,5 meter NAP in de Yukonhaven. Hierdoor is het natte oppervlak van de mengzone groter dan 25% en voldoet daarmee niet aan de gestelde grens van opwarming voor schelpdierwater in de Yukonhaven.

In het Yangtzekanaal neemt de maximale opwarming snel afneemt door invloed van stromingen en door het grotere natte oppervlak (zie dwarsdoorsnede 2 en 3 van Figuur 3-4). Hierdoor voldoet het criterium opwarming wel in het Yangtzekanaal (Figuur 3-6).

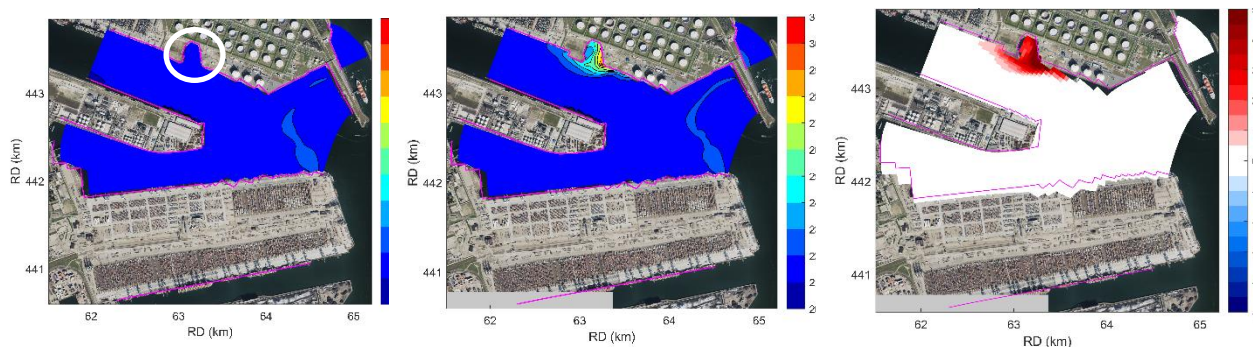




Figuur 3-4. Temperatuur bij de dwarsdoorsneden van (1) oost-west middenin in de Yukonhaven en (2) oost-west op de rand van de Yukonhaven en (3) noord-zuid in het Yangtzekanaal voor de nulsituatie (links) en scenario lozingspunt 3 (rechts). Zie Figuur 2-3 voor de posities van de dwarsdoorsneden.



Figuur 3-5: Posities van de dwarsdoorsneden.



Figuur 3-6. Temperatuur aan het wateroppervlak voor de nulsituatie met een cirkel om de Yukonhaven heen (links) scenario lozingspunt 3 (midden) en het Temperatuurverschil t.o.v. de Nulsituatie (rechts).

### 3.3 Toekomstige ontwikkeling uitbreiding Yukonhaven

Er zijn plannen om de Yukonhaven uit te breiden naar het westen, waardoor de haven aanzienlijk groter wordt. Deze uitbreiding zal een significant effect hebben op de warmteverspreiding. De uitbreiding van de haven zal er voor zorgen dat:

- de mengzone zich verder kan uitspreiden over een groter volume en zo de mengzone waarschijnlijk niet groter zal worden dan 25% van de natte dwarsdoorsnede in de Yukonhaven zelf.
- de uitbreiding van de haven zal de geringe stromingen versterken. Dit komt omdat de haven dan een groter opening zal hebben naar het Yangtzekanaal.

Als gevolg, is het aan te nemen dat de warmteverspreiding in de Yukonhaven zal verbeteren na de uitbreiding van de haven en wel voldoet aan het criterium voor op maximale opwarming van het water ( $\Delta T \leq 2^\circ\text{C}$ ) buiten de mengzone voor schelpdierwater.

## 4 Conclusies

De effecten van de warmtelozing in de Yukonhaven van het koelwater van het Porthos compressorstation voldoet niet voor zowel lozingspunt 1, diep gepositioneerd in de Yukonhaven, als lozingspunt 3, gelegen op de rand van de Yukonhaven aan het Yangtzekanaal, aan het criterium opwarming vastgelegd in de CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen.

De warmtelozing is getoetst op het criterium mengzone en opwarming. De beide lozingslocaties voldoen wel voor het criterium mengzone, maar niet voor het criterium opwarming. Het natte oppervlak van de mengzone is net groter dan 25% in de Yukonhaven en zit daarmee op de grens van de opwarming van het water ( $\Delta T \leq 2^\circ\text{C}$ ) buiten de mengzone voor schelpdierwater. Dit geldt voor het gebied binnen de Yukonhaven, sinds er weinig invloed van stromingen zijn in de insteekhaven. In het Yangtzekanaal neemt de maximale opwarming snel af en wordt het criterium niet overschreden. Doordat lozingspunt 3 meer invloed heeft van stromingen omdat het dichterbij het Yangtzekanaal ligt, is de menging van het koelwater groter en de temperaturen lager, maar is de mengzone nog steeds te groot in de Yukonhaven om te voldoen aan het criterium.

De Yukonhaven is een insteekhaven met een beperkte omvang en amper stromingen. Hierdoor wordt de mengzone snel groter dan de gestelde 25% van de natte dwarsdoorsnede. In het geval van een uitbreiding van de Yukonhaven, zal het volume vergroten. Hierdoor mag het natte oppervlak met een hogere watertemperatuur ook groter zijn voor de mengzone. Het is aan te nemen dat de warmteverspreiding zal verbeteren na de uitbreiding van de haven en wel voldoet aan het criterium voor maximale opwarming van het water ( $\Delta T \leq 2^\circ\text{C}$ ) buiten de mengzone voor schelpdierwater.

### **Toepassing in het kader van Aramis**

Bij Porthos CCS is er van uitgegaan dat het opgewarmde koelwater vanuit het compressorstation naar GATE wordt afgevoerd, voor opwarming van LNG. Daar wordt het vervolgens geloosd op het bestaande lozingspunt. Dit kan in combinatie plaatsvinden met afvoer naar de

Het gebruik van de afvoer van opgewarmd koelwater naar het lozingspunt in de Yukonhaven wordt dan mogelijk gezien als een calamiteiten voorziening. Het is de verwachting dat deze afvoer slechts sporadisch wordt gebruikt en dan gedurende een beperkte tijd.

De berekende opwarming van het ontvangende water heeft betrekking op een permanente situatie, waarbij de maximale temperatuur van het ontvangende water als maatgevend is aangehouden.

## 5 Literatuur

Deltares (2014). Delft3D-Flow User Manual

Rijkswaterstaat. (2004). *CIW-beoordelingssystematiek voor warmtelozingen*.  
[https://www.infomil.nl/publish/pages/74480/beoordelingssystematiekwarmtelozingen\\_1.pdf](https://www.infomil.nl/publish/pages/74480/beoordelingssystematiekwarmtelozingen_1.pdf)

SIMONA (2014). User's Guide WAQUA: General Information

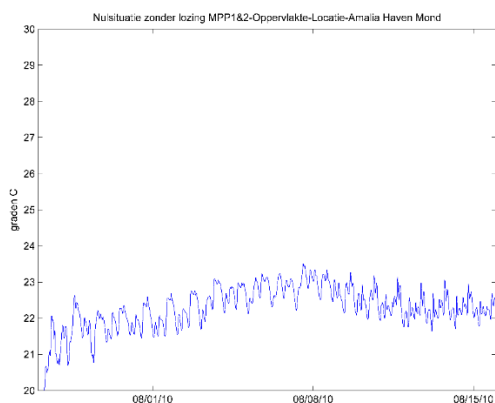
SVASEK (2011). Temperatuurmodellering Watervergunning MPP1 en MPP2



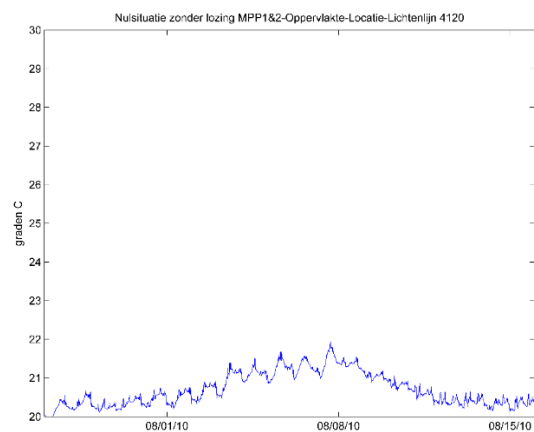
## **Bijlage**

### **1. Periode**

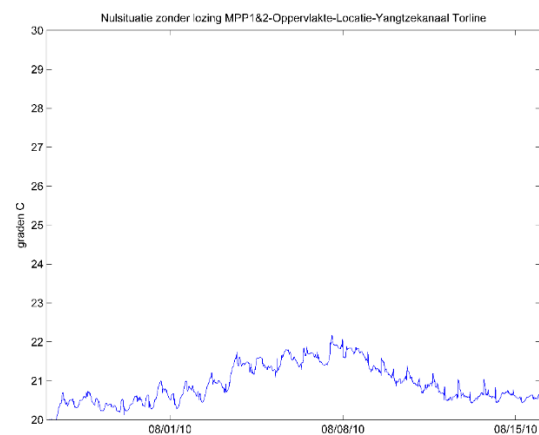
In eerste instantie is een langere periode gesimuleerd om te checken of de inspeeltijd lang genoeg is en om te bepalen wanneer de maximale temperatuur optreedt. Op basis van het resultaat van deze berekening is de duur van de te simuleren periode bepaald voor de modelleringen van de verschillende alternatieven.



Figuur A1-1. Temperatuurverloop locatie Amalia Haven Mond van 27 juli tot en met 15 augustus.



Figuur A1-2. Temperatuurverloop locatie Lichtenlijn 4120 van 27 juli tot en met 15 augustus.



Figuur A1-3. Temperatuurverloop locatie Yangtzekanaal Torline van 27 juli tot en met 15 augustus.