

Effectbepaling verdieping Nieuwe Waterweg tot NAP-16,3m

Op basis van TRIWAQ simulaties OSR model

Conceptrapport

Schiehaven 13G

3024 EC Rotterdam

Nederland

☎ +31 - 10 - 467 13 61

☎ +31 - 10 - 467 45 59

✉ info@svasek.com

🌐 www.svasek.com

Document titel	Effectbepaling verdieping Nieuwe Waterweg tot NAP-16,3m
	Op basis van TRIWAQ simulaties OSR model
Verkorte Titel	Effectbepaling verdieping Botlek NAP -16,3m
Status	Conceptrapport
Datum	19 september 2014
Project nummer	1712
Opdrachtgever	Havenbedrijf Rotterdam
Referentie	1712/U14253/C/BvL

Auteur Bas van Leeuwen

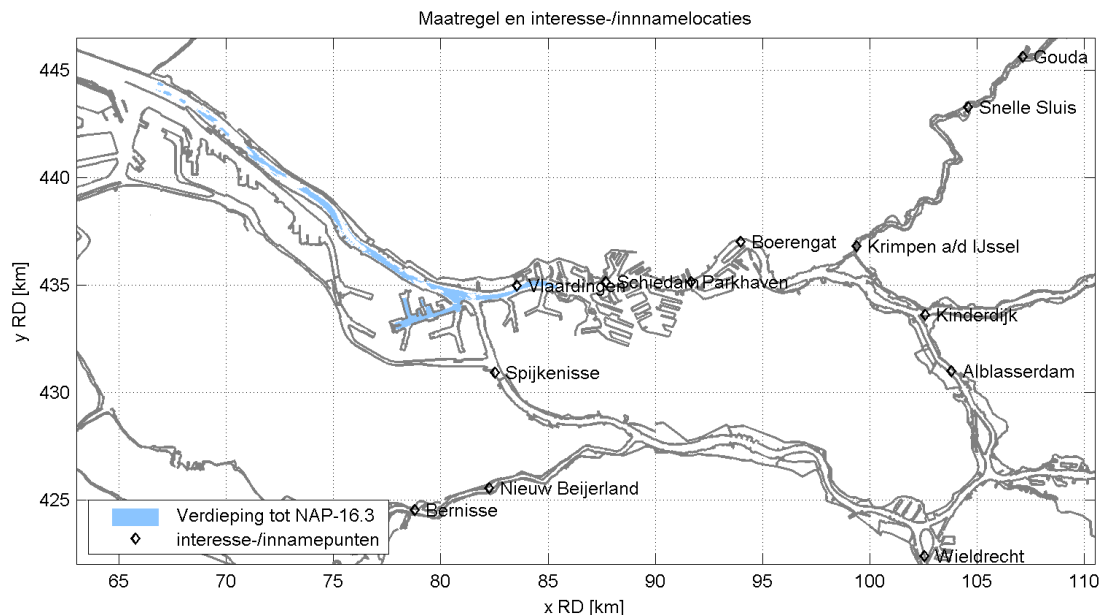
INHOUDSOPGAVE

		Pag.
1	INTRODUCTIE	2
1.1	Verschillen met eerder studies	3
1.2	Leeswijzer	4
2	MODELINSTRUMENTARIUM	5
3	SCENARIO'S	7
3.1	Basisscenario's 800 en 1000 m ³ /s	8
3.2	Variant 1200 m ³ /s, inname zoetwater bij Gouda	9
3.3	Variant 2300 m ³ /s	10
4	EFFECT VAN VERDIEPING	11
4.1	Effect verdieping 800 en 1000 m3/s	11
4.1.1	Effect verdieping 800 en 1000 m3/s – Hollandse IJssel	12
4.1.2	Effect verdieping 800 en 1000 m3/s – Drechtsteden	13
4.1.3	Effect verdieping 800 en 1000 m3/s – Spui	13
4.1.4	Effect verdieping 800 en 1000 m3/s – Stad	13
4.2	Effect verdieping 1200 m3/s (inname zoetwater bij Gouda)	13
4.2.1	Effect verdieping 1200 m3/s – Hollandse IJssel	13
4.2.2	Effect verdieping 1200 m3/s – Drechtsteden	14
4.2.3	Effect verdieping 1200 m3/s – Spui	14
4.2.4	Effect verdieping 1200 m3/s – Stad	14
4.3	Effect verdieping 2300 m3/s (gemiddelde afvoer)	14
4.3.1	Effect verdieping 2300 m3/s – Hollandse IJssel	14
4.3.2	Effect verdieping 2300 m3/s – Drechtsteden	15
4.3.3	Effect verdieping 2300 m3/s – Spui	15
4.3.4	Effect verdieping 2300 m3/s – Stad	15
5	SAMENVATTING EFFECT VERDIEPING	16
5.1	Effecten verdieping naar NAP-16,3m	16
5.2	Resultaten eerdere studies naar inzet KWA+, stormsituatie en klimaatverandering	17
	REFERENTIES	18

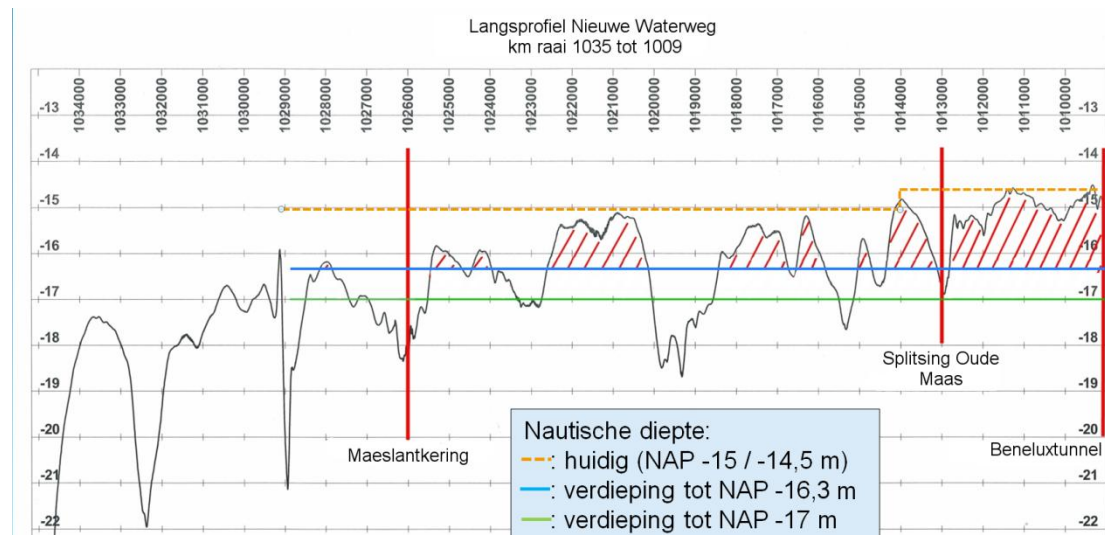
1

INTRODUCTIE

Het Havenbedrijf Rotterdam N.V. (HbR) heeft Svašek Hydraulics gevraagd het effect van een verdieping van de Botlekhaven en een deel van de de Nieuwe Waterweg (zie Figuur 1 en Figuur 2) op de verzilting stroomopwaarts van de verdieping te onderzoeken. Eerdere resultaten zijn in Svašek Hydraulics (2014) verschenen. Inmiddels is door HbR een definitieve keuze gemaakt voor de scope van de verdieping, namelijk een verdieping van de Nieuwe Waterweg tot NAP-16.3 m. In dit rapport worden de uitkomsten voor de gekozen diepte gepresenteerd, Het rapport is qua vorm grotendeels gelijk aan het eerder genoemde Svašek Hydraulics (2014).



Figuur 1: Overzicht verdieping en interesse-/innamepunten.



Figuur 2: Langsprofiel Nieuwe waterweg met daarin de verdieping tot NAP -16.3m en NAP -17m getekend.

In de verschillende delen van het onderzoek zijn al diverse simulaties uitgevoerd, zie Tabel 1. De tweede serie scenario's betrof naast de behandeling van nieuwe onderzoeksvragen ook het meenemen van gewijzigde uitgangspunten. Deze laatste houdt in dat er langer wordt doorgerekend om zoveel mogelijk een stationaire situatie te bereiken. Tevens zijn achtergrondconcentraties toegepast zoals gehanteerd in het Deltaprogramma (zie KWR, 2009). De nieuwe set simulaties, die

de bodem met de NAP -16,3 m verdieping betreffen, hebben dezelfde uitgangspunten. Referentiesommen zijn dus niet opnieuw uitgevoerd (behalve die voor 2300 m³/s), maar de resultaten daarvan zijn in dit rapport voor de volledigheid wel weer opgenomen. In toevoeging op eerdere rapportages is hier ook een situatie met een afvoer van 2300 m³/s opgenomen, een jaargemiddelde afvoer. Deze sommen geven een beeld van het effect van de verdieping gedurende 'normale' in plaats van lage-afvoer-omstandigheden.

Tabel 1: Overzicht uitgevoerde simulaties eerste deel onderzoek (1), tweede deel (2) en het derde (huidige) deel (3). Simulaties die onderdeel zijn van deel 2 of 3 zijn uitgevoerd met dezelfde verbeterde achtergrondconcentraties en ingespeelde condities.

Bodem	referentie	trapjeslijn	verdieping NAP-16	verdieping NAP-17	verdieping NAP-16.3
Randvoorwaarden					
800 m ³ /s	1, 2	1	1	1,2	3
800 m ³ /s KWA+	2			2	
1000 m ³ /s	1, 2	1	1	1,2	3
1000 m ³ /s ZSS	1			1	
1000 m ³ /s storm	2			2	
1200 m ³ /s	2			2	3
2300 m ³ /s	3				3

1.1 Verschillen met eerder studies

Hoewel de simulaties die zijn gepresenteerd in deze rapportage in principe dezelfde uitgangspunten hebben als die in het eerder verschenen rapport aangaande verdieping naar NAP-17m (Svašek Hydraulics) zijn er toch belangrijke verschillen. Deze verschillen maken dat resultaten niet zonder meer te vergelijken zijn. De veranderingen ten opzichte van (de rapportage van) de set 2 simulaties zijn de volgende:

- De Botlekhaven is volgens de jongste inzichten verdiept. Dit betekent dat slechts een deel van de havenbekkens is verdiept en dat taluds in stand zijn gehouden. Dit is belangrijk omdat een diepe Botlekhaven fungeert als een zout- (en ook slib-)vang. Het relatieve effect van de verdieping wordt hiermee iets groter dan bij een 'rechthoekige' verdieping van alle havenbekkens.
- De drie westelijke uitvoerpunten in deelgebied stad (Vlaardingen, Schiedam en Parkhaven) zijn verlegd naar de as van de rivier. Deze interessepunten liggen in werkelijkheid in kleine havenbekkens zoals voorhavens. In het model zijn deze gebieden echter slechts door een paar cellen gerepresenteerd en zijn de resultaten hier minder betrouwbaar.
- In de voorgaande rapportage zijn alle resultaten vertaald naar de chloriditeiten in de bovenste 3 m van de waterkolom, omdat juist dit bovendeel van de waterkolom relevant is voor veel innamepunten. In de praktijk had dit alleen een significant effect voor de punten in deelgebied Stad en in het punt Spijkenisse waar het systeem daadwerkelijk nog gestratificeerd is (zwaar zout water onder en licht zoet water boven). Juist in deze gebieden is nu gekozen om uitvoer te bestuderen in de as van de rivier. Hier is stratificering nog uitgesprokener, maar is deze niet zonder meer te vertalen naar de interessepunten in bijvoorbeeld voorhavens van sluizen. Om deze redenen is in de huidige rapportage uitgegaan van dieptegemiddelde zoutconcentraties, die een beter relatief beeld laten zien

van de te verwachte effecten. Hierdoor worden zowel de absolute chloriditeiten als de relatieve effecten groter.

1.2 Leeswijzer

Na een korte toelichting op het modelinstrumentarium (Hoofdstuk 2), introduceert dit rapport de scenario's die zijn beschouwd (Hoofdstuk 3). De scenario's zijn hypothetisch, in die zin dat gerekend wordt met een constante lage rivierafvoer over een lange periode, terwijl in werkelijkheid een lage rivierafvoer slechts een beperkte tijdsduur heeft en varieert in de tijd. Hetzelfde geldt in mindere mate voor de som met jaargemiddelde afvoer van 2300 m³/s. Daarna wordt per scenario bekeken wat de effecten van de verdieping per deelgebied zijn (Hoofdstuk 4).

De deelgebieden zijn:

- Hollandse IJssel: Gouda, Snelle Sluis, Krimpen aan de IJssel.
- Drechtsteden: Kinderdijk, Alblasterdam en Wieldrecht.
- Spui: Nieuw Beijerland en Bernisse (en Spijkenisse¹).
- Stad: sluizen bij Vlaardingen, Schiedam, Parkhaven en Boerengat.

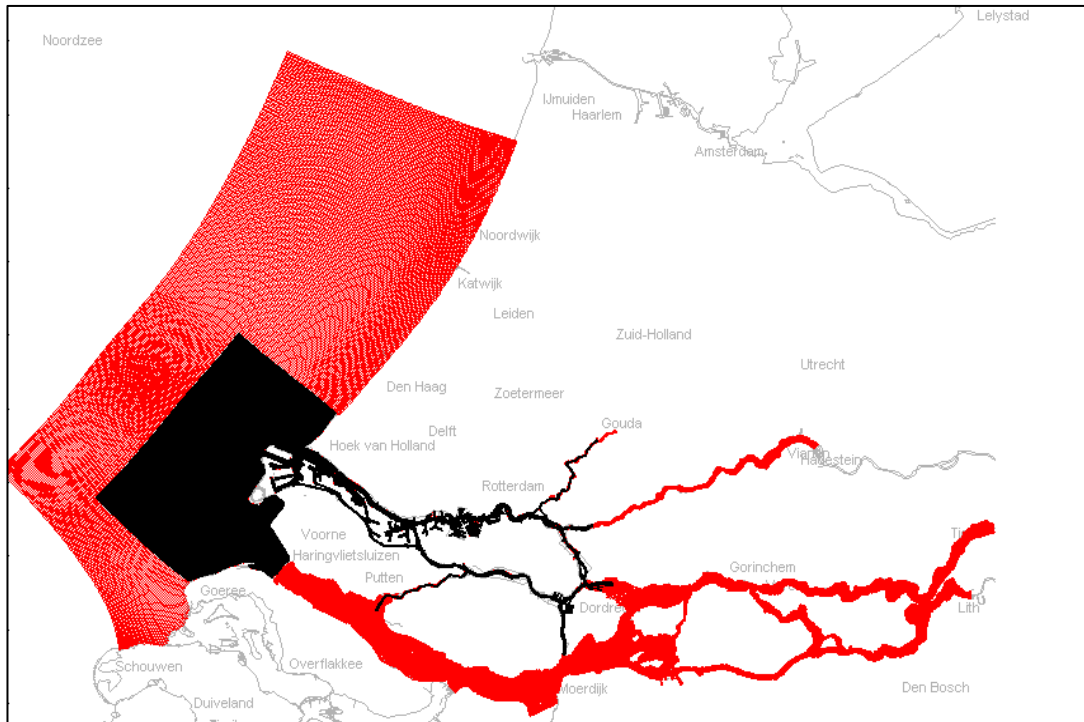
Per deelgebied – en zelfs per locatie – spelen verschillende belangen t.a.v. de zoutindringing, en daarmee ook de overwegingen waarmee de significantie van het effect (en eventuele maatregelen) dient te worden beoordeeld, hiermee wordt in deze memo zo veel mogelijk rekening gehouden.

¹ Spijkenisse is toegevoegd omdat het dicht bij Spijkenisse Sluis ligt. Deze locatie kan mogelijk worden ingezet om zoetwater in te nemen op het moment dat Bernisse vanwege achterwaartse verzilting van het Haringvliet nog een te hoge zoutlast ontvangt, terwijl de afvoer op de Oude Maas alweer hoger en dus zoeter is. Hierbij dient te worden opgemerkt dat deze situatie: een relatief zout Haringvliet en een weer toegenomen afvoer bij Lobith niet daadwerkelijk in deze studie wordt behandeld.

2

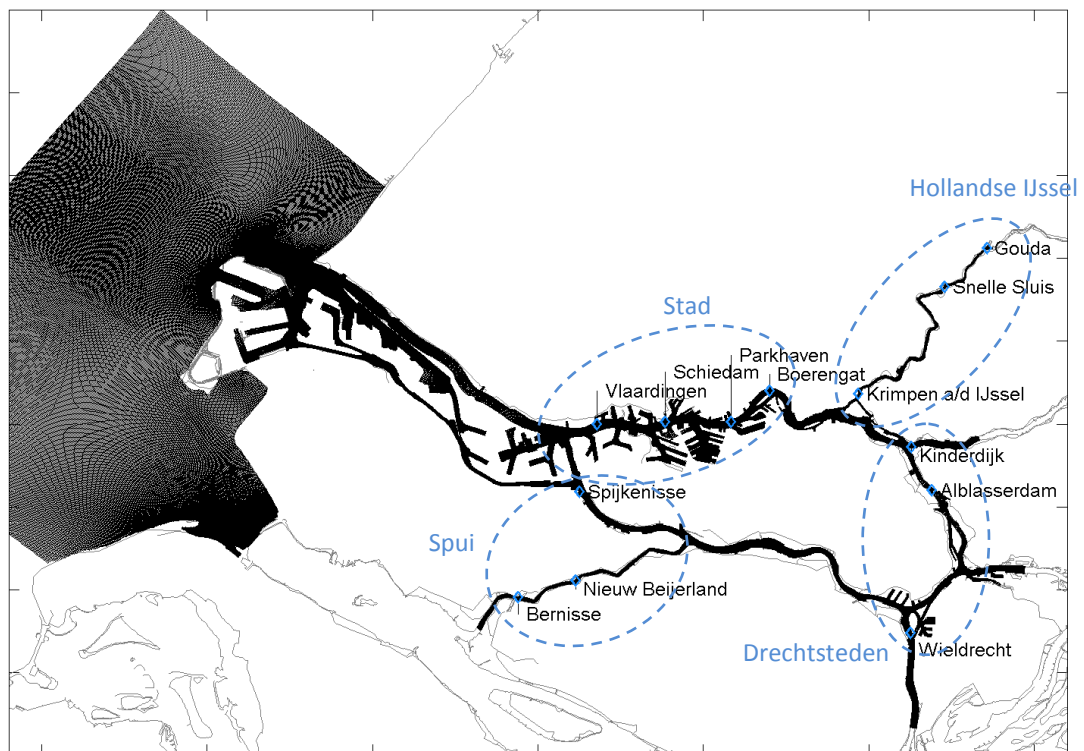
MODELINSTRUMENTARIUM

Voor de berekeningen is het OSR (Operationeel Stromingsmodel Rotterdam)² gebruikt. Dit modelsysteem heeft een lange staat van dienst en is uitgebreid gekalibreerd en geverifieerd voor de waterbeweging en de chloriditeit (zie Svašek Hydraulics, 2009, 2010a en 2010b, Havenbedrijf Rotterdam, 2013 en TUDelft, 2013). Het systeem bestaat uit een tweetal modellen: (i) het Havenmodel, dat een deel van de Noordzee en de grote rivieren beslaat, en als doel heeft randvoorwaarden te leveren voor (ii) het gedetailleerde 3D NSC-Fijn model (versie 603). De modelgrenzen van de twee modellen worden getoond in Figuur 3. In Figuur 4 is ingezoomd op het gedetailleerde NSC-Fijn model.



Figuur 3: OSR, met het domein van het Havenmodel in rood, en het domein van het fijnere NSC-Fijn model in zwart.

² Het HbR gebruikt het OSR ter ondersteuning van de scheepvaartbegeleiding. Hiervoor worden, volautomatisch, 4x per dag voorspellingen voor waterstanden en stroomsnelheden berekend. Het OSR kan echter ook ingezet worden voor onderzoeksvraagstukken. Voor de specifieke vraagstelling in dit onderzoek zijn twee modeltakken verlengd: de Hollandse IJssel tot Gouda en het Spui tot aan rand Haringvliet.



Figuur 4: NSC-Fijn model zoals toegepast in deze studie, met uitvoerpunten en deelgebieden.

Met behulp van het grotere Havenmodel zijn de randvoorwaarden gegenereerd voor het kleinere en meer gedetailleerde NSC-Fijn model. Dit laatste model levert bij verschillende afvoerscenario's de resultaten van de zoutindringing voor de referentiesituatie en de situatie met verdiepte bodem.

SCENARIO'S

Verzilting speelt voornamelijk bij lage rivierafvoeren, aangezien juist dan de zouttong (gedreven door het getij) naar binnen kan dringen. Er zijn scenario's gekozen met afvoeren (van de Rijn bij Lobith) van 800, 1000, 1200 en 2300 m³/s. Hoe hoger de rivierafvoer, hoe lager de achtergrond chloriditeit. In deze studie zijn achtergrond-chlorideconcentraties conform het Deltaprogramma aangehouden (zie KWR, 2009):

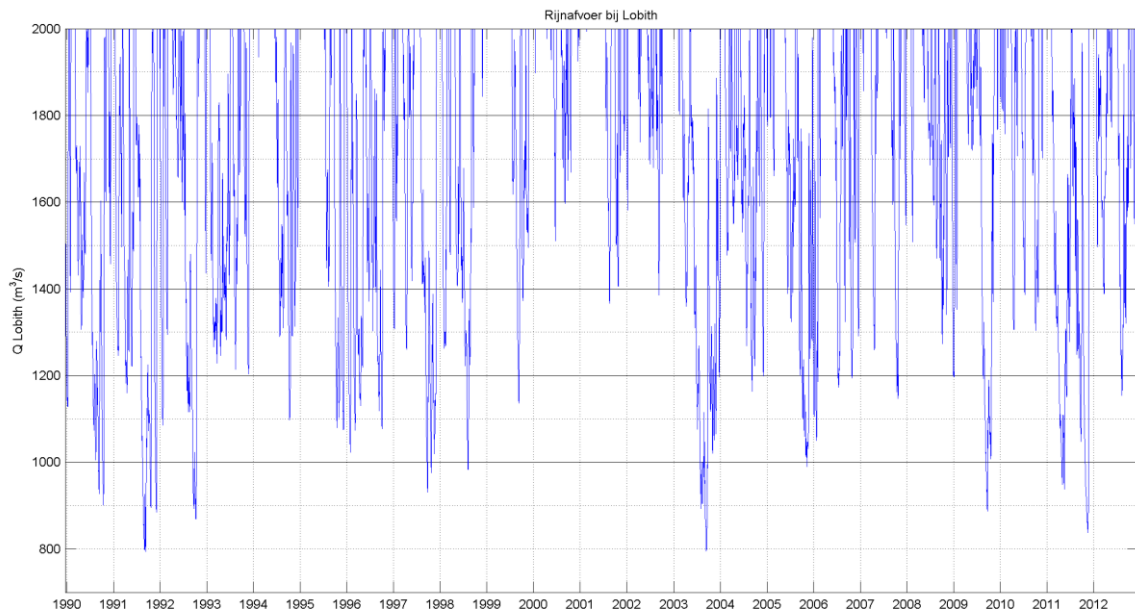
- 800 m³/s : 141 mg/l
- 1000 m³/s : 122 mg/l
- 1200 m³/s : 109 mg/l
- 2300 m³/s: 88 mg/l

De scenario's die in deze paragraaf worden gepresenteerd betreffen de referentiesituatie met de bodem van 2012, dus zonder de te onderzoeken verdieping. In deze referentie is de zogenaamde Doorn bij de Botlekhaven nog aanwezig, terwijl deze ten tijde van het schrijven van dit rapport wordt verwijderd. Voor de toekomstige MER voor de verdieping van de Nieuwe Waterweg en Botlek zullen de effecten worden vergeleken met een situatie waar de doorn wel verwijderd is. De eerste resultaten op dit gebied laten zien dat rekenen met een verwijderde doorn een kleine verhoging van verzilting geeft, waardoor de effecten van de verdieping relatief kleiner uit zullen vallen.

In alle scenario's is gerekend met een stationaire startsituatie, dat wil zeggen een situatie waarbij het getij en de (lage) rivierafvoer met elkaar in evenwicht zijn, waarvan af zowel de referentiesituatie als de verdiepingssituatie wordt doorgestart. Vooral voor de Hollandse IJssel, waar in de 800 en 1000 m³/s scenario's geen afvoer (en dus geen netto stroming is) is, kan dit inspelen zeer lang duren (zoutindringing vindt dan immers uitsluitend plaats door dispersie). Voor scenario's met een afvoer van 800 en 1000 m³/s is zodoende gerekend met een inspeeltijd van meer dan vijf maanden (rekentijd ca. twee en een halve week)³.

Een analyse van een recente, 23 jarige reeks afvoeren bij Lobith (zie Figuur 5) laat zien dat het debiet in totaal 18 keer lager was dan 1000 m³/s (gemiddelde aaneengesloten duur van 13 dagen met in totaal vier keer langer dan vier weken) en dat het debiet slechts drie maal lager was dan 800 m³/s (gemiddelde duur drie dagen). Dit betekent dat de gekozen afvoeren realistisch zijn als extreme situaties, maar ook dat in werkelijkheid de duur ervan tot nu toe steeds beperkt is geweest (een paar dagen voor 800 m³/s, ongeveer een maand voor 1000 m³/s). Een stationaire situatie is zodoende – vooral in de Hollandse IJssel - een hypothetische situatie. Dit, in combinatie met de andere aannames in de sommen (harmonische getijden, constante afvoer), heeft tot gevolg dat de scenario's vooral ten opzichte van elkaar *en* tussen referentie en verdieping bekeken dienen te worden en niet als absolute effectbepaling dienen te worden gezien. De verschillen tussen verdiepte situatie en referentiesituatie worden door de gedane aannames uitvergroot. De in dit rapport gepresenteerde effecten voor vooral de afvoeren van 800 en 1000 m³/s geven daarmee een bovengrens van de verzilting en daardoor ook een bovengrens voor de absolute effecten van de verdieping.

³ De lange periode is nodig omdat vooral in de Hollandse IJssel (waar geen afvoer is) het inspelen lang duurt. De door te rekenen periodes zijn zo gekozen (en herstart) dat de uiteindelijke vergelijking tussen referentie en verdieping plaats vindt in juli en augustus, conform de eerste reeks berekeningen.



Figuur 5: Debiet bij Lobith (bron: waterbase.nl).

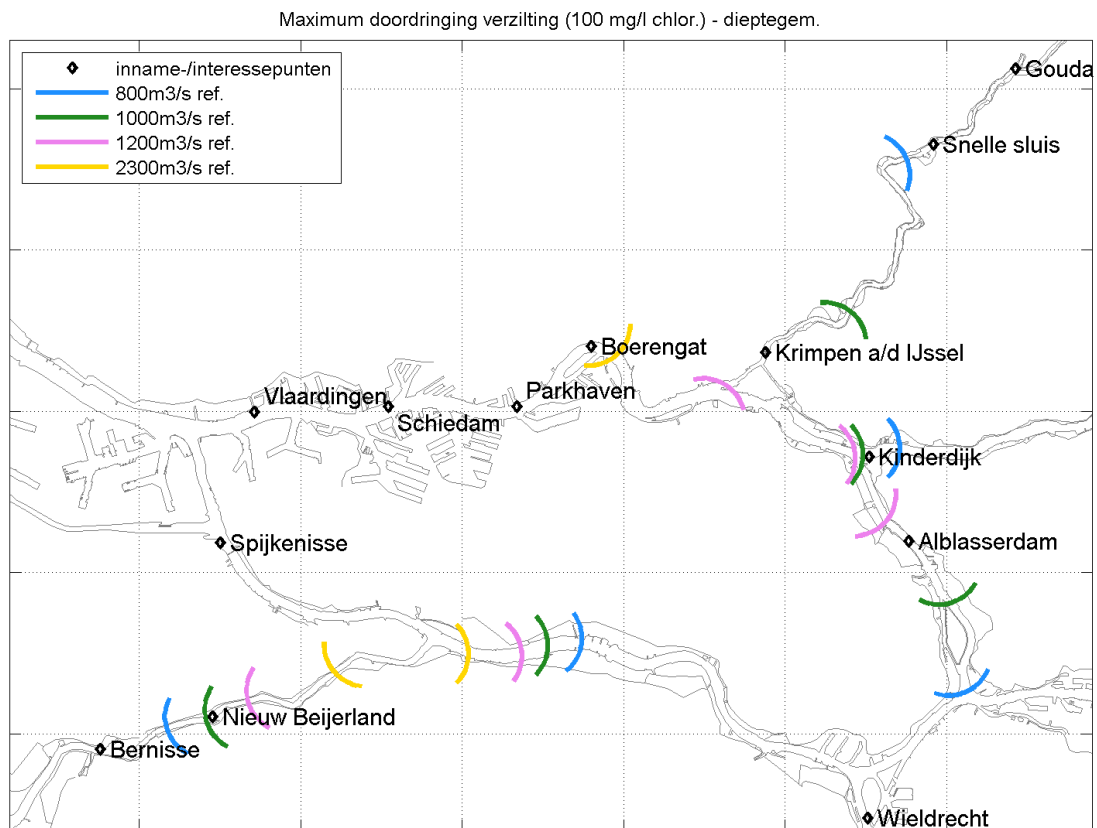
Vanaf de ingespeelde stationaire startsituatie wordt ieder scenario nog 56 dagen doorgerekend⁴. Resultaten worden uitsluitend gepresenteerd op basis van de laatste twee weken van deze periode. Dit komt overeen met een volledige doottij-springtij cyclus.

3.1 Basisscenario's 800 en 1000 m³/s

Er zijn in principe twee basisscenario's: één met zeer lage afvoer van 800 m³/s (in de afgelopen 23 jaar slechts drie keer voor gekomen) en één met een minder extreme afvoer van 1000 m³/s (wordt eens per twee à drie jaar in een periode één of meerdere keren onderschreden). Beide worden 160 dagen ingespeeld. In beide gevallen is er geen inname, maar ook geen afvoer van water op de Hollandse IJssel. Dit maakt van de Hollandse IJssel een doodlopende tak. De Hollandse IJssel speelt zodoende uitsluitend in door dispersie. Het is onmogelijk hier door inspelen naar een evenwicht te komen. Na 160 dagen inspelen is er al significante menging opgetreden waardoor er qua zoutindringing met een bovengrensbepaling wordt gewerkt (dergelijk lange perioden met lage afvoer komen in werkelijkheid niet voor). Wat betreft de orde van het effect van de verdieping zou een nog langere inspeeltijd niet tot andere conclusies hebben geleid.

Voor ieder scenario is de verste doordringing van een bepaalde verzilting (chloriditeit boven achtergrondconcentratie) bepaald. Tijdens springtij dringt het zout het verst stroomopwaarts door. Voor beide scenario's is tijdens twee opeenvolgende springtijden voor het hele modelgebied iedere tien minuten het zoutveld uitgevoerd. De 3D zoutvelden zijn vertaald naar dieptegemiddelde velden. Op basis van die waarden is de ruimtelijke indringing van zout, uitgedrukt in een verhoging van de chloriditeit met 100 mg/l ten opzichte van de achtergrondconcentratie. Let op dat dit een arbitraire grenswaarde is, en bovendien is toegepast voor piekwaarden die maar kort (orde een half uur en alleen bij springtij) optreden. Onderstaand figuur is zodoende uitsluitend indicatief voor de onderlinge verschillen tussen de scenario's. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 6, hierin zijn ook al de scenario's opgenomen die in de volgende deelparagrafen worden gepresenteerd.

⁴ Ten opzichte van de eerste reeks berekeningen is de door gerekende tijd (na inspelen) verdubbeld, van vier naar acht weken. Ook hier is toe besloten omdat – net als bij het inspelen – het effect van de verdieping vooral in de Hollandse IJssel tijd nodig heeft om zich te ontwikkelen.



Figuur 6: Maximale verhoging (gedurende springtij) van de chloriditeit ten opzichte van de achtergrondconcentratie met 100 mg/l voor de referentiesituaties.

Uit de figuur blijkt dat, zoals verwacht, het zout in het geval van $800 \text{ m}^3/\text{s}$ afvoer (blauwe lijn) overal verder doordringt dan bij $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ (groene lijn). De indringing op de Noord is verder dan op de Lek, dit komt door de hogere afvoer van de laatste. Voor beide scenario's dringt zout niet tot nauwelijks door in de Rijntakken Lek en Beneden Merwede.

3.2 Variant $1200 \text{ m}^3/\text{s}$, inname zoetwater bij Gouda

Bij een afvoer van $1100 \text{ m}^3/\text{s}$ en lager wordt de inname van zoetwater bij Gouda gestopt. Bij een relatief lage afvoer van $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt zodoende nog water ingenomen. In dit scenario wordt gerekend met een innameverloop dat is geschematiseerd op basis van het werkelijke verloop in de periode 2010-2012: inname van $10 \text{ m}^3/\text{s}$ per getij (circa een uur lang)⁵ en een extra $22 \text{ m}^3/\text{s}$ iedere twee getijden (circa 2 uur lang)⁶. Door deze inname is de inspeeltijd op de Hollandse IJssel korter, er is daarom 60 dagen ingespeeld.

In Figuur 6 is te zien dat de maximum indringing van zout in geval van het $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ scenario in alle riviertakken minder is dan voor de hiervoor genoemde scenario's. Opmerkelijk is dat dit ook het geval is op de Hollandse IJssel. Door de inname bij Gouda wordt zoutwater in principe verder de Hollandse IJssel opgetrokken. Maar door de hogere rivierafvoer is het water dat de Hollandse IJssel opstroomt bij Krimpen aan de IJssel significant zoeter. Dit laatste effect is in de simulaties dus kennelijk belangrijker dan de 'aanzuigende werking' van de zoetwaterinname.

⁵ Waterinname via Waaiersluis

⁶ Waterinname via gemaal bij Gouda

3.3 Variant 2300 m³/s

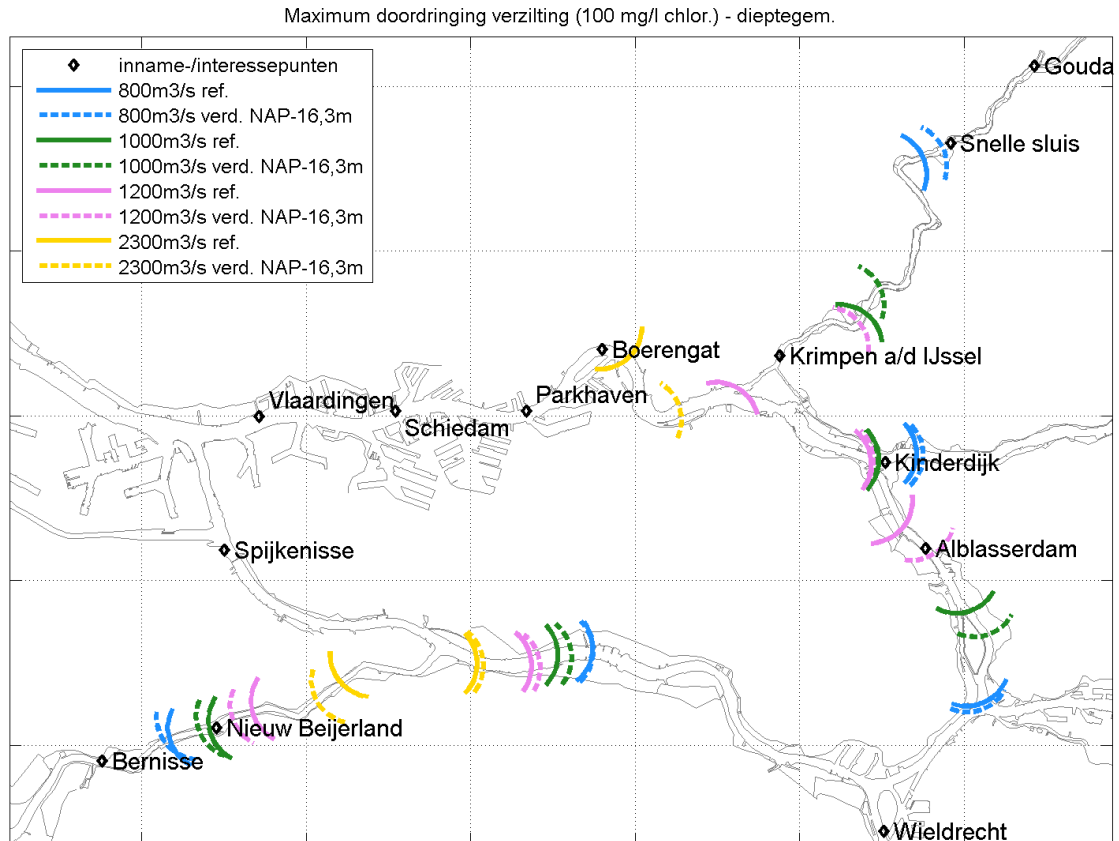
In aanvulling op de scenario's zoals gepresenteerd in Svašek Hydraulics (2014) is ook een afvoersituatie van 2300 m³/s doorgerekend, een jaargemiddelde afvoer voor de Rijn. Bij dergelijke normale afvoeren wordt water ingenomen bij Gouda conform het 1200 m³/s scenario, maar ook wordt er gespuid door de Haringvietsluizen. In het omliggende Havenmodel (zie het rode domein in Figuur 3) is de werking van de Haringvliet sluizen opgenomen conform het Lozingsprogramma '84 (LPH '84). De bijbehorende zoetwaterlozing op de Noordzee wordt in het NSC-Fijn meegenomen als additionele randvoorwaarde.

Figuur 6 geeft aan dat bij een gemiddelde afvoer als 2300 m³/s de zouttong ver wordt teruggedrongen. Zout water bereikt niet meer in significante hoeveelheden de Noord en Lek, maar stroomt nog wel naar het Spui.

4

EFFECT VAN VERDIEPING

Naast de berekeningen van de scenario's met de referentiebodembodem zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk, zijn dezelfde scenario's ook met de verdiepte rivierbodembodem doorgerekend. Het gebied waar de bodembodem verdiept is tot NAP -16,3m, is met blauw aangegeven in Figuur 1. De maximum indringing van de verhoging met 100 mg/l is ruimtelijk geplot in Figuur 7.



Figuur 7: Maximale indringing zout voor grenswaarde 100 mg/l voor referentie- en verdiepingssimulaties. De referentie wordt met een doorgetrokken lijn weergegeven en de verdieping met een onderbroken lijn.

4.1 Effect verdieping 800 en 1000 m³/s

Voor een aantal innamestations wordt een grenswaarde gehanteerd. De inname zal worden gestopt indien het water zouter wordt dan die waarde. Dit is overigens niet voor alle locaties mogelijk, de punten in deelgebied Drechtsteden zijn bijvoorbeeld infiltratiepunten. Per scenario kan nu berekend worden hoe vaak de grenswaarde wordt overschreden en wat – zolang die waarde niet is overschreden (want dan is er geen inname meer) – de gemiddelde chloriditeit van het ingenomen water is (waar van toepassing). Op deze wijze kan zowel de invloed van de verdieping op pieken in chloriditeit (verhoging van overschrijdingsduur) als op de middenstandswaarde (gemiddelde concentratie water zolang grenswaarde niet is overschreden) worden geanalyseerd. Ook zijn de over de volledige tijdsgemiddelde concentraties weergegeven, die een beeld geven van de gemiddelde verhoging van de chloriditeit door verdieping over de hele periode. De resultaten zijn voor scenario's 800 en 1000 m³/s weergegeven in Tabel 2 en Tabel 3. Er wordt weer uitgegaan van tijdsgemiddelde en dieptegemiddelde concentraties.

Tabel 2: Overschrijdingsduur inname- en interesepunten scenario 800 m³/s (tijd- en diepte gemiddeld).

Locaties	Grenswaarde	Referentie			Verdieping tot NAP -16,3 m		
		Overschrijdingsduur (%)	Gem. conc. onder grens (chlor. mg/l)	Gem. conc. (chlor. mg/l)	Overschrijdingsduur (%)	Gem. conc. onder grens (chlor. mg/l)	Gem. conc. (chlor. mg/l)
Gouda	250	0	nvt	183	0	nvt	184
Snelle sluis	350	0	nvt	219	0	nvt	223
Krimpen a/d IJssel	400	8	273	290	36	291	356
Kinderdijk	150	39	nvt	164	44	nvt	171
Alblasserdam	150	56	nvt	199	59	nvt	214
Wieldrecht	150	0	nvt	142	0	nvt	142
Nieuw Beijerland	nvt	nvt	nvt	151	0	nvt	155
Bernisse	150	3	142	142	4	142	142
Spijkenisse	150	97	146	2450	97	147	2570
Vlaardingeng	nvt	nvt	nvt	4790	0	nvt	5070
Schiedam	nvt	nvt	nvt	4170	0	nvt	4660
Parkhaven	nvt	nvt	nvt	2560	0	nvt	2860
Boerengat	400	76	280	1750	81	295	1980

Tabel 3: Overschrijdingsduur inname- en interesepunten scenario 1000 m³/s (tijd- en diepte gemiddeld).

Locaties	Grenswaarde	Referentie			Verdieping tot NAP -16,3 m		
		Overschrijdingsduur (%)	Gem. conc. onder grens (chlor. mg/l)	Gem. conc. (chlor. mg/l)	Overschrijdingsduur (%)	Gem. conc. onder grens (chlor. mg/l)	Gem. conc. (chlor. mg/l)
Gouda	250	0	nvt	135	0	nvt	135
Snelle sluis	350	0	nvt	147	0	nvt	150
Krimpen a/d IJssel	400	0	nvt	162	1	194	197
Kinderdijk	150	9	nvt	129	13	nvt	132
Alblasserdam	150	22	127	143	26	127	151
Wieldrecht	150	0	nvt	122	0	nvt	122
Nieuw Beijerland	nvt	nvt	nvt	125	0	nvt	127
Bernisse	150	0	nvt	123	0	nvt	123
Spijkenisse	150	87	132	1940	88	132	2050
Vlaardingeng	nvt	nvt	nvt	4190	0	nvt	4470
Schiedam	nvt	nvt	nvt	3540	0	nvt	4040
Parkhaven	nvt	nvt	nvt	2020	0	nvt	2300
Boerengat	400	66	216	1340	69	228	1540

Volledige sets resultaten met de vergelijking tussen respectievelijk 800 m³/s referentie en verdieping en 1000 m³/s referentie en verdieping tot NAP -16,3m zijn opgenomen in bijlage A en B. In deze bijlagen is allereerst voor alle inname- en interesepunten een tijdserie gegeven voor de laatste twee weken van de simulatie. Daarna is ingezoomd op een dag met doottij, met gemiddeld getij en springtij waarbij ook het verschil tussen wel en geen verdieping is gegeven. Vervolgens is – wederom voor een doottij, gemiddeld getij en springtij - een zoutveld gegeven voor referentie, verdieping en verschil. Deze figuren worden tot slot nog een keer herhaald met focus per deelgebied en een aangepaste kleurschaal.

4.1.1 Effect verdieping 800 en 1000 m³/s – Hollandse IJssel

Voor de innamepunten bovenstrooms op de Hollandse IJssel geldt dat grenswaarden in de simulaties niet worden overschreden. Concentraties in Gouda nemen nauwelijks toe, in Snelle sluis met circa 2 procent. In Krimpen aan de IJssel neemt - vooral voor het 800 m³/s scenario – de overschrijdingsduur toe. De zoutconcentratie onder de grenswaarde neemt toe met circa 7% voor 800 m³/s en over de gehele periode is de toename van de concentratie voor zowel 800 m³/s en 1000 m³/s ruim 20%.

4.1.2 Effect verdieping 800 en 1000 m³/s – Drechtsteden

Voor de innamepunten in het deelgebied Drechtsteden geldt dat de overschrijdingsduur in Kinderdijk en Alblasterdam toeneemt. Er is een beperkte toename in de innamepunten te zien die vooral wordt veroorzaakt door hogere pieken bij vloed. Het betreft infiltratiepunten, die niet kunnen worden gesloten bij hogere zoutconcentraties. De gemiddelde chlorideconcentraties onder de grenswaarde zijn daarom niet in de tabel opgenomen voor dit deelgebied.

4.1.3 Effect verdieping 800 en 1000 m³/s – Spui

Grenswaarden worden in deze scenario's niet overschreden en ook de gemiddelde concentratie blijft voor verschillende scenario's vrijwel gelijk.

4.1.4 Effect verdieping 800 en 1000 m³/s – Stad

In de punten in deelgebied Stad is geen sprake van grenswaarden, het betreft immers sluizen en geen waterinnamepunten. De chloriditeit van het water in deze punten neemt in beide scenario's met 10 tot 15% toe.

4.2 Effect verdieping 1200 m³/s (inname zoetwater bij Gouda)

In Figuur 7 is te zien dat ook voor het 1200 m³/s scenario de verdieping in alle riviertakken tot een verdere indringing van piekwaarden in chloriditeit zorgt. Wat dit betekent voor de inname- en interessepunten is gepresenteerd in Tabel 4.

Tabel 4: Overschrijdingsduur inname- en interessepunten scenario 1200 m³/s (tijd- en diepte gemiddeld).

Locaties	Grenswaarde	Referentie			Verdieping tot NAP -16,3 m		
		Overschrijdingsduur (%)	Gem. conc. onder grens (chlor. mg/l)	Gem. conc. (chlor. mg/l)	Overschrijdingsduur (%)	Gem. conc. onder grens (chlor. mg/l)	Gem. conc. (chlor. mg/l)
Gouda	250	0	nvt	116	0	nvt	124
Snelle sluis	350	0	nvt	117	0	nvt	126
Krimpen a/d IJssel	400	0	nvt	121	0	nvt	132
Kinderdijk	150	0	nvt	111	0	nvt	112
Alblasterdam	150	3	nvt	114	5	nvt	117
Wieldrecht	150	0	nvt	110	0	nvt	110
Nieuw Beijerland	nvt	nvt	nvt	111	0	nvt	111
Bernisse	150	0	nvt	110	0	nvt	110
Spijkenisse	150	77	121	1450	78	121	1530
Vlaardingen	nvt	nvt	nvt	3530	0	nvt	3810
Schiedam	nvt	nvt	nvt	2840	0	nvt	3340
Parkhaven	nvt	nvt	nvt	1480	0	nvt	1740
Boerengat	400	54	175	950	58	178	1130

Een volledige set resultaten met de vergelijking tussen de 1200 m³/s referentie en verdieping is opgenomen in bijlage C. De opzet van deze bijlage is gelijk aan bijlage A.

4.2.1 Effect verdieping 1200 m³/s – Hollandse IJssel

Door de hogere afvoer worden de grenswaarden in de Hollandse IJssel niet meer overschreden. De toename in de concentratie door de verdieping dringt echter wel verder door. Dit wordt uiteraard veroorzaakt door de aanzuigende werking van de waterinname bij Gouda, de toename door de verdieping in de Hollandse IJssel is 7-9%.

4.2.2 Effect verdieping 1200 m³/s – Drechtsteden

Ook voor de locaties in deelgebied Drechtsteden worden de grenswaarden nauwelijks overschreden. Nog meer dan in de scenario's 800 en 1000 m³/s neemt de gemiddelde concentratie van het in te nemen water nauwelijks toe.

4.2.3 Effect verdieping 1200 m³/s – Spui

Grenswaarden worden in deze scenario's niet overschreden en ook de gemiddelde concentratie blijft voor verdieping en referentie gelijk. In Figuur 7 is te zien, dat ook de piekwaarden gelijk blijven.

4.2.4 Effect verdieping 1200 m³/s – Stad

De chloriditeit van het water in de punten in deelgebied Stad neemt door de verdieping met circa 8%(Vlaardingen)-19%(Boerengat) toe ten opzichte van de referentie.

4.3 Effect verdieping 2300 m³/s (gemiddelde afvoer)

In Figuur 7 is te zien dat ook voor het 2300 m³/s scenario de verdieping in alle riviertakken tot een verdere indringing van piekwaarden in chloriditeit zorgt, maar dat het zout in zowel referentie als verdiepte situatie veel minder ver de rivieren opkomt. Wat dit betekent voor de inname- en interessepunten is gepresenteerd in Tabel 4.

Tabel 5: Overschrijdingsduur inname- en interessepunten scenario 2300 m³/s (tijd- en diepte gemiddeld).

Locaties	Grenswaarde	Referentie			Verdieping tot NAP -16,3 m		
		Overschrijdingsduur (%)	Gem. conc. onder grens (chlor. mg/l)	Gem. conc. (chlor. mg/l)	Overschrijdingsduur (%)	Gem. conc. onder grens (chlor. mg/l)	Gem. conc. (chlor. mg/l)
Gouda	250	0	nvt	88	0	nvt	88
Snelle sluis	350	0	nvt	88	0	nvt	88
Krimpen a/d IJssel	400	0	nvt	89	0	nvt	89
Kinderdijk	150	0	nvt	89	0	nvt	89
Alblasserdam	150	0	nvt	89	0	nvt	89
Wieldrecht	150	0	nvt	89	0	nvt	89
Nieuw Beijerland	nvt	nvt	nvt	89	0	nvt	89
Bernisse	150	0	nvt	89	0	nvt	89
Spijkenisse	150	55	103	581	58	103	640
Vlaardingen	nvt	nvt	nvt	1170	0	nvt	1420
Schiedam	nvt	nvt	nvt	563	0	nvt	858
Parkhaven	nvt	nvt	nvt	197	0	nvt	289
Boerengat	400	1	104	108	5	113	138

Een volledige set resultaten met de vergelijking tussen de 2300 m³/s referentie en verdieping is opgenomen in bijlage D. De opzet van deze bijlage is gelijk aan bijlage A.

4.3.1 Effect verdieping 2300 m³/s – Hollandse IJssel

Ondanks dat er water wordt ingenomen bij Gouda, neemt de zoutlast in de Hollandse IJssel niet toe door de verdieping in het 2300 m³/s scenario. Zout dringt simpelweg niet ver genoeg door om een effect te laten zien.

4.3.2 Effect verdieping 2300 m³/s – Drechtsteden

Ook voor deelgebied Drechtsteden is de indringing van zout onvoldoende om een effect te laten zien.

4.3.3 Effect verdieping 2300 m³/s – Spui

Ook voor deelgebied Spui is de indringing van zout onvoldoende om een effect te laten zien, behalve voor interessepunt Spijkenisse. Hier neemt overschrijdingsduur licht toe, maar niet de gemiddelde concentratie onder de bijbehorende grenswaarde. De verzilting is dus puur te wijten aan hogere piekwaarden, de gemiddelde concentratie in Spijkenisse neemt toe met 10%.

4.3.4 Effect verdieping 2300 m³/s – Stad

De chloriditeit van het water in de punten in deelgebied Stad neemt door de verdieping met circa 21%(Vlaardingen) - 52%(Parkhaven) toe ten opzichte van de referentie.

5 SAMENVATTING EFFECT VERDIEPING

5.1 Effecten verdieping naar NAP-16,3m

In dit rapport zijn resultaten gepresenteerd van berekeningen die langer zijn ingespeeld dan in werkelijkheid is opgetreden. Ook het effect van de verdieping krijgt langer de tijd (circa twee maanden) om zich te ontwikkelen. Aangezien lage-afvoer-situaties normaal gesproken korter zullen duren, geven de resultaten wat dit betreft een overschatting van het te verwachten effect van de verdieping. Deze overschatting geldt voornamelijk voor stations die daadwerkelijk langzaam inspelen zoals voornamelijk geldt op de Hollandse IJssel (Snelle Sluis en Gouda) en in mindere mat op het Spui (Bernisse en Nieuwe Beijerland). Het geldt niet voor de situatie met een afvoer van 2300 m³/s, hoewel ook hier de stabiliteit in de afvoer natuurlijk onrealistisch is.

Voor het effect van de verdieping wordt onderscheid gemaakt in twee aspecten: (1) het effect op piekwaarden en de daaraan gerelateerde overschrijdingsduur van de grenswaarden en (2) het effect op gemiddelde waarden en de daaraan gerelateerde gemiddelde chloriditeit van in te nemen water.

Bij veel locaties ligt de grenswaarde nog ruim boven optredende chloriditeit. Zodoende leidt zelfs een verhoging van de piekwaarde niet tot grotere overschrijdingsduur. In Krimpen aan de IJssel neemt de overschrijdingsduur echter in vrijwel alle scenario's (niet in 2300 m³/s) significant toe, hetzelfde geldt in mindere mate voor Alblaserdam en Kinderdijk.

Wat betreft het effect op de gemiddelde concentraties bij de interesse-/inname punten kunnen de effecten worden samengevat in onderstaande Tabel 6. Voor eerste drie deelgebieden zijn een aantal locaties gegeven die in ieder geval de uiterste effecten voor dat deelgebied representeren (hierbij is Spijkenisse voor het deelgebied Spui buiten beschouwing gelaten, zie voetnoot 1). Voor deelgebied Stad zijn de effecten per interesepunt van dezelfde orde (ten opzichte van elkaar, met als uitzondering Vlaardingen dat significante lagere chloriditeiten laat zien) en worden in de tabel twee belangrijke punten getoond: Parkhaven en Boerengat.

Tabel 6: Toename tijd- en dieptegemiddelde concentraties in deelgebieden als gevolg van de verdieping tot NAP -16,3m. Tussen haakjes is de absolute toename in mg/l weergegeven.

Deelgebied	800 m ³ /s	1000 m ³ /s	1200 m ³ /s	2300 m ³ /s
<i>Hollandse IJssel</i>				
Gouda	0,5% (1)	0% (0)	7% (8)	0% (0)
Krimpen a/d IJssel	23% (66)	22% (35)	9% (11)	0% (0)
<i>Drechtsteden</i>				
Wieldrecht	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Alblaserdam	8% (15)	6% (8)	3% (3)	0% (0)
<i>Spui</i>				
Bernisse	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Nieuw Beijerland	3% (4)	1,6% (2)	0% (0)	0% (0)
<i>Stad</i>				
Parkhaven	12% (300)	14% (280)	18% (260)	47% (92)
Boerengat	13% (230)	15% (200)	19% (180)	28% (30)

Het nieuw toegevoegde scenario met een afvoer van 2300 m³/s laat geen zoutindringing en dus ook geen effect zien in de deelgebieden Hollandse IJssel, Drechtsteden en Spui. Voor de punten in deelgebied Stad is de zoutlast beperkt maar de relatieve toename daarin is voor 2300 m³/s het grootst. Dit is lijn met de eerdere scenario's: hoe hoger de afvoer hoe groter de relatieve verzilting in deelgebied Stad⁷.

⁷ In principe is dit een specifiek voorbeeld van het effect dat hoe lager de verzilting voor de ingreep, hoe groter het relatieve effect van die ingreep is. Dit komt doordat de zouttong door de ingreep verder doordringt. Als in een gebied aan het einde van zouttong in de referentiesituatie eerst geen verzilting optreedt en door de ingreep wel, vertaalt dit zich in een zeer grote relatieve toename (ten opzichte van de achtergrondconcentratie).

5.2 Resultaten eerdere studies naar inzet KWA+, stormsituatie en klimaatverandering

Resultaten die niet zijn opgenomen in deze rapportage maar wel interessant zijn voor verdere besluitvorming zijn in deze paragraaf opgenomen.

In Svašek Hydraulics (2014) zijn simulaties gepresenteerd met een interpretatie van de KWA+ maatregel. Analyse van deze sommen bleek lastig onder andere doordat KWA+ in principe een tijdelijke maatregel is die moeilijk te vangen is in een stationaire simulatie. Uit de resultaten bleek niet dat de KWA+ maatregel minder effectief was in geval van verdieping van de Nieuwe Waterweg, maar er kon wel worden opgemaakt dat de maatregel wellicht vaker ingezet diende te worden. Een integrale analyse op basis van de resultaten van een verdieping naar NAP-17m is gemaakt door Deltares (2014). Resultaten van de verdieping naar NAP-16,3m zullen beschikbaar worden gemaakt, waarna een onderzoeksanpak zal worden vastgesteld in overleg met Rijkswaterstaat en Deltares.

Svašek Hydraulics (2014) geeft ook de resultaten van een stormsimulatie (met een lage afvoer van $1000 \text{ m}^3/\text{s}$) samen met een verdieping naar NAP-17m. Deze simulatie liet zien dat de relatieve gemiddelde toename in interessepunten minder was dan in een lage afvoer situatie zonder storm. De zoutlast naar het Haringvliet (veroorzaakt door de stormopzet) nam in het model door de ingreep 1-2% toe, wat effecten heeft op de achterwaartse verzilting.

Tot slot zijn in de allereerste set simulaties - zoals gepresenteerd in bijlage A.3 van Svašek Hydraulics (2014) – de gecombineerde effecten van een zeespiegelingreep en de verdieping onderzocht. In die studie is aangetoond dat het effect van zeespiegelstijging van 35 cm van dezelfde orde is als een verdieping naar NAP-17m. Ten behoeve van de toekomstige MER zullen wellicht nieuwe simulaties worden gedaan met een beperktere verdieping naar NAP-16,3m.

REFERENTIES

- Deltares (2014). Verkenning effecten van ingrepen en maatregelen op de verzilting West-Nederland. Rapport, referentie: 1209914-000-ZKS-00.
- Havenbedrijf Rotterdam (2013). Validatie OSR adhv Zoutmeting 2011 uit het Bellenpluimproject. Memorandum (26 maart 2013).
- KNMI (2006). KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. Refnr: WR 2006-01, 82pp.
- KWR (2009). Klimaatverandering en verzoeting van de Rijn. *H₂O* (20): pp. 29-31.
- Svašek Hydraulics (2009). Kwaliteitsbeoordeling OSR systeem Havenbedrijf Rotterdam. Referentie: ECOL/1478/09011F.
- Svašek Hydraulics (2010a). Afregeling OSR Verificatie Zout. Referentie: mro/1555/09423/D.
- Svašek Hydraulics (2010b). Verificatie Applicatie DVB. Referentie: mro/1555/10098/E.
- Svašek Hydraulics (2014). Rapport Effectbepaling Verdieping Nieuwe Waterweg. Referentie: 1712/U14001/H/BvL.
- TU Delft (2013). Beoordeling effectenonderzoek Nieuwe Waterweg en Botlek en geschiktheid OSR systeem. Definitief rapport, 15 augustus.

