



memo

Keuze prognosemethode baggerhoeveelheden
Waddenzee. Voorstel voor methode en werkwijze.
(definitieve versie)

Inhoud

Voorwoord	1
1. Inleiding	2
2. Voorspelmethoden	4
3. Betrouwbaarheid methoden	5
4. Beoordeling	7
5. Advies	8
6. Referenties	10
Bijlage 1. Lijst producten m.b.t. stroomlijning prognose baggerhoeveelheden	11
Bijlage 2. Betrouwbaarheid huidige methode	12

Voorwoord

Rijkswaterstaat en Programma naar een Rijke Waddenzee (t/m 2018) zijn in 2016 gestart met een programma voor de ontwikkeling van kennis over de morfologie van de Nederlandse Waddenzee en voor het inbedden hiervan in beleid en beheer. In het programma wordt morfologische kennis op een structurele manier verzameld, geanalyseerd, geordend en geborgd. Daarnaast wordt de kennis toegankelijk gemaakt voor beleids- en beheervraagstukken op het gebied van veiligheid, bereikbaarheid, natuur en overige gebruiksfuncties. Hiertoe wordt afstemming gezocht met beleidsmakers, beheerders, adviseurs, wetenschappers en gebruikers van het wad.

De voorliggende memo wordt uitgebracht als onderdeel van dit kennisprogramma.

1. Inleiding

Sinds 2012 worden prognoses gemaakt van baggerhoeveelheden in de Waddenzee. De analyse en prognose draagt bij aan verschillende doeleinden:

- 1) De programmering door RWS van de baggerhoeveelheden en –kosten voor de komende jaren (N.B. dit was de aanleiding om met de prognoses te starten in 2012, op verzoek van RWS GPO).
- 2) De raming voor het baggercontract en de contractvorming (keuze tussen regie en prestatie). De raming staat weliswaar in verband met de (financiële) programmering uit punt 1 voor de lange termijn, maar de prognose zou eventueel geactualiseerd kunnen worden.
- 3) De controle of de baggerhoeveelheden in de toekomst de grenzen overschrijden die afgesproken zijn in het Natura2000-beheerplan. Mocht in de toekomst sprake zijn van eventuele structurele overschrijding van het totale gemiddelde baggervolume (van RWS en derden), dan zal een actualisatie plaatsvinden door middel van een nieuwe toetsing van de effecten van het onderhoudsbaggerwerk op de instandhoudingsdoelstellingen.
- 4) Optimaal vaarwegbeheer- en beleid: eventuele aanpassingen op basis van toekomstscenario's. Bijvoorbeeld het overwegen van schepen met een andere diepgang, een andere verspreidingsstrategie of morfologische ingrepen.

De prognoses sinds 2012 zijn gebaseerd op een analyse van de gemeten baggerhoeveelheden in combinatie met morfologische inzichten (Mulder, 2012). In 2014 is gestart met het "stroomlijnen" van de prognose van baggerhoeveelheden in de Waddenzee. Dit hield enerzijds in dat de bestaande methode overdraagbaar werd gemaakt door de ontwikkeling van een prognosetool en anderzijds dat de methode van voorspellen inhoudelijk verbeterd zou worden, indien mogelijk. In bijlage 1 staat een overzicht van de producten/documenten die tot nu in dit kader geproduceerd zijn.

Het onderzoek naar de verbetering van de prognosemethode heeft zich in eerste instantie gericht op de statistische correlatie tussen baggervolumes en een aantal gemeten fysische parameters, waarvan theoretisch een invloed verwacht kan worden. Hiervoor is een regressiemodel toegepast (Van den Boogaard en Van Kessel, 2016). Alternatieve methoden in de vorm van procesmodellen, al of niet vereenvoudigd, zijn vervolgens ook beschouwd. Beide type methoden kunnen niet zonder informatie over de hydro-morfologische ontwikkelingen. Echter, naast deze natuurlijke factoren kunnen ook andere factoren de baggervolumes beïnvloeden, namelijk de werkwijze van de aannemer.

In 2018 is een workshop gehouden om te discussiëren over de bruikbaarheid van de hydro-morfologische factoren voor een voorspelling en over de toepassing/implementatie van voorspelmethodes. Vervolgens is een memo opgesteld door Deltares (Van den Boogaard en Van Kessel, 2018) waarin de verschillende methoden zijn beschouwd en welke stappen er nog nodig zijn om de meerwaarde van het regressiemodel te kunnen aantonen. Dit leidde tot de volgende conclusies (uit genoemde memo):

- Met een beperkt aantal invloedsfactoren is meestal een betrouwbare regressie mogelijk en de betrouwbaarheid neemt toe naarmate de baggervolumes groter zijn.
- De meerwaarde van het regressiemodel t.o.v. de huidige Excel prognosetool is echter nog niet aangetoond. Dit komt doordat het grootste deel van de variabiliteit al met de trend wordt bepaald en de

huidige methode gebruikt deze al. Bovendien zijn de overige invloedsfactoren soms moeilijk fysisch te verklaren waardoor de voorspelkracht van het regressiemodel onzeker is.

- Om een (mogelijke) meerwaarde aan te tonen moet het regressiemodel worden vergeleken met de voorspellingen met de huidige prognosetool en met de waargenomen baggervolumes. Indien de meerwaarde zo niet kan worden aangetoond, is verdere ontwikkeling zinloos. Dit geldt ook als de nauwkeurigheid van de huidige prognosetool t.o.v. de gewenste nauwkeurigheid al voldoende groot blijkt te zijn.
- Een fysisch model ligt meer voor de hand dan een statistisch model indien een kwalitatief begrip van hoe het hydro-morfologische systeem zich rond baggervakken ontwikkelt belangrijker is dan een kwantitatieve voorspelling van de baggerhoeveelheden.

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Datum
7 mei 2019

Als vervolg hierop is afgesproken dat Rijkswaterstaat heroverweegt op welke wijze verder gegaan kan worden met de prognosemethode. Het doel van deze memo is een beoordeling te geven van de diverse voorspelmethode en een advies te formuleren voor het vervolg voor verdere ontwikkeling en toepassen van voorspelmethode. Bij de beoordeling van de methoden worden de volgende aspecten beschouwd:

- De inhoudelijke eigenschappen
- De betrouwbaarheid
- De kosten/investeringen

In dit document worden eerst de voorspelmethode toegelicht, inclusief een beschouwing over de betrouwbaarheid en de kosten. Vervolgens wordt een beoordeling gemaakt, waaruit een advies volgt.

2. Voorspelmethoden

Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving

Datum
7 mei 2019

De methoden die beschouwd zijn ofwel statistisch van aard ofwel fysisch-procesmatig. Beide methoden kunnen in combinatie met expert-judgement toegepast worden of in combinatie met elkaar.

Er zijn tot nu toe zes methoden beschouwd, die kort getypeerd worden:

1. **Huidige methode** (Mulder, 2012). Deze methode is vooral statistisch van aard en relatief eenvoudig, en wordt gecombineerd met morfologische expert-judgement. De methode is in Excel ingevoerd.
2. **Regressiemodel** (Van den Boogaard en Van Kessel, 2016 en 2018). Deze methode is statistisch van aard met fysische invoervariabelen. De methode bevat een relatief complex regressiemodel, waarmee diverse statistische parameters berekend kunnen worden. De methode is in Python ingevoerd, met de nodige voor- en nabewerking.
3. **SURFTREND** (Fioole, 2014, 2015). De methode is zuiver statistisch van aard, waarbij detectie plaats vindt van breuken in lineaire trends. Het is ingevoerd in een computerprogramma.
4. **ASMITA/Drempelmodel** (Wang et al, 2003). De methode is gebaseerd op fysische processen, gecondenseerd tot een relatief eenvoudige formule voor sedimentatie op een drempel. De sedimentatie is m.n. afhankelijk van het verschil tussen de werkelijke (gebaggerde) diepte en de (ongestoorde) evenwichtsdiepte op de drempel. De methode is in Excel ingevoerd.
5. **Geulbaggermodel** (Mulder, 2018). De methode is gebaseerd op fysische processen, met empirische kennis, en teruggebracht naar een eenvoudige formule voor sedimentatie. Het kent een eenvoudige schematisering van het geulprofiel in ruimte en tijd. De sedimentatie is m.n. afhankelijk van het verschil in oppervlakte tussen het werkelijke (gebaggerde) dwarsprofiel en het (ongestoorde) evenwichtsprofiel. De methode is in Excel ingevoerd.
6. **Delft3D**. De methode bestaat uit een mathematisch-fysisch procesmodel dat tijdsafhankelijk en ruimtelijk in een 3 dimensionaal rooster toegepast kan worden. Het is een software-pakket van Deltares voor hydrodynamica, transport van sediment en morfodynamiek. Bagger- en stortactiviteiten kunnen er mee gesimuleerd worden.

Zie verder het verslag van de workshop van 2018 (Van Kessel, 2018; zie o.a. Bijlage B daarin), waarin de methoden kort worden beschreven en toegelicht.

3. Betrouwbaarheid methoden

Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving

Datum
7 mei 2019

De betrouwbaarheid van de methoden is maar ten dele bekend. Dit komt mede doordat de methoden nog maar in beperkte mate zijn toegepast voor de prognose van baggervolumes. Zuiver statistische methoden gaan voorbij aan de onderliggende fysische processen. Ervaringen met de huidige methode (zie kader) en het regressiemodel wijzen er op dat een relatief klein baggervolume veel moeilijker te voorspellen is dan een relatief groot volume (zie ook opmerkingen in de Inleiding over het regressiemodel).

Voor de huidige methode zijn prognosedocumenten van diverse jaren evaluaties gedaan van de betrouwbaarheid door de prognose en realisatie te vergelijken. Het verschil tussen deze twee waarden neemt af naarmate het baggervolume toeneemt. De relatie afwijking (in procenten, kan zowel negatief als positief zijn) is globaal uit te drukken als $\pm 10^7/V$, waarin V het baggervolume (in m^3) per jaar is. Dus een baggervolume van 10.000 m^3 heeft een mogelijke afwijking van $\pm 1000\%$, een volume van 100.000 m^3 heeft een mogelijke afwijking van $\pm 100\%$ en een volume van 1 miljoen m^3 heeft een mogelijke afwijking van $\pm 10\%$. Voor het totale baggervolume van RWS in de Waddenzee, ca. 3 miljoen m^3 per jaar, is de afwijking ca. $\pm 3\%$. Dit geldt dan voor de eerste jaren van de prognose. In bijlage 2 is hiervan een voorbeeld gegeven.

Daarbij komt de vraag welke betrouwbaarheid eigenlijk gewenst is. Deze is niet vastgesteld. De ervaringen met de huidige methode geven echter meer inzicht (zie bijlage 2 voor enkele voorbeelden). Aan de ene kant is de onnauwkeurigheid voor het totale baggervolume van RWS in de Waddenzee tot nu aanvaardbaar laag ($<10\%$). Aan de andere kant kan de geringe betrouwbaarheid voor relatief kleine baggerhoeveelheden wellicht lastig zijn (bijvoorbeeld bij een apart contract hiervoor, zoals voor de vaarweg Boontjes is toegepast). De betrouwbaarheid is ook gering indien er weinig historische gegevens zijn (bijvoorbeeld na een verruiming of door onvoorziene morfologische ontwikkelingen). Sleutel tot een betere betrouwbaarheid is dan om met morfologische proceskennis en aanvullende methoden meer inzicht te krijgen.

De voorspelbaarheid is echter een lastig onderwerp. Het regressiemodel (methode 2) houdt wel rekening met fysische processen via invoerparameters die vanuit fysische overweging sturend kunnen zijn, maar het is echter de vraag in hoeverre deze stuurparameters voldoende betrouwbaar voorspeld kunnen worden. Dat geldt echter ook voor de methoden die op fysische processen zijn gebaseerd. Deze processen zijn vaak moeilijk voorspelbaar. Slibsedimentatie in havens is sterk afhankelijk van het aanbod van zwevend slib. Dit aanbod is alleen voorspelbaar indien een duidelijk lange termijn trend aanwezig is, met bij voorkeur een plausibele verklaring. Zandsedimentatie in geulen hangt sterk af van drempelvorming (door de dynamiek van eb- en vloedscharen) en/of de veranderingen in stroomsnelheid (door veranderingen in kombergingsvolume). Ook deze processen zijn moeilijk voorspelbaar, tenzij men duidelijke trends waarneemt die zich naar verwachting zullen voortzetten (hetgeen bijvoorbeeld bij Holwerd het geval is geweest en waarschijnlijk nog is).

Daarnaast worden baggervolumes beïnvloed door uitvoeringsgerelateerde factoren. De werkwijze van de aannemer, het gebruikte materieel en de verspreidingsstrategie zorgen voor fluctuaties/veranderingen in het baggervolume. Deze factoren zijn eveneens moeilijk te voorspellen.

Het regressiemodel kent momenteel een betrouwbaarheid die vergelijkbaar is met de huidige methode, omdat ook hier de trend in de tijd de beste verklarende variabele is (zie Inleiding). Het model kan wellicht beter voorspellen, maar de verklarende parameters die gehanteerd worden (waterstand, significante golfhoogte, zoetwaterafvoer, saliniteit) zijn op zich niet goed te voorspellen.

Echter, morfologische parameters en slibconcentratie zijn nog niet onderzocht. Slibconcentratie is moeilijk voorspelbaar, maar morfologische parameters zouden eventueel wel voorspeld kunnen worden. Dat blijkt bijvoorbeeld uit de toepassing van het geulbaggermodel voor de geul bij Holwerd. In potentie is de methode dus te verbeteren.

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Datum
7 mei 2019

SURFTREND kan een trendbreuk detecteren. Hoe betrouwbaar dit is voor baggervolumes is niet bekend, maar in theorie kan dit een verbetering zijn t.o.v. geen rekening kunnen houden met een trendbreuk. Echter deze trendbreuk is vaak visueel zichtbaar in de meetwaarden en behoeft een verklaring.

Het drempelmodel is toegepast op drempels in de Westerschelde en geeft een redelijke overeenkomst met de metingen qua orde van grootte. Door lokale kalibratie zou dit wellicht kunnen verbeteren.

Het geulmodel kan de ontwikkeling van baggervolumes redelijk goed voorspellen, mits de morfologische trends naar de toekomst geëxtrapoleerd kunnen worden.

Het Delft3D model kan de morfodynamiek en slibconcentratie redelijk simuleren en voorspellen en daarmee de sedimentatie in havens en gebaggerde geulen (op basis van ervaringen voor het Eems estuarium). Echter, dit geldt waarschijnlijk in veel mindere mate voor relatief kleinschalige baggervakken en -volumes.

Op grond van voorgaande beschouwing is de conclusie dat de voorspelling van baggervolumes het beste gebaseerd kan zijn op een combinatie van statistische analyse en fysische inzichten, die gebaseerd zijn op waargenomen en/of gemodelleerde ontwikkelingen. Een onderlinge vergelijking van de zes afzonderlijke methodes is in dit licht niet zinvol.

4. Beoordeling

Voor de beoordeling zijn criteria nodig. Als criteria worden gehanteerd:

- Betrouwbaarheid
- Kosten voor onderhoud (inspanning/uitbesteding)
- Kosten van het gebruik (inspanning)

De beoordeling is kwalitatief en relatief. Dat betekent dat vooral de verschillen met de huidige methode belicht worden.

Elk van de 3 statistische methoden (Huidige, Regressiemodel, SURFTREND) is gebaat bij een aanvulling met proceskennis (expert-judgement, waarnemingen, procesmodellen) en kennis van de uitvoering. Verwacht wordt dat er zonder deze aanvulling geen wezenlijk verschil in betrouwbaarheid is tussen de 3 statistische methoden zoals ze nu zijn. Echter, in het geval de proceskennis uitgedrukt kan worden in een (morfologische) indicator die voorspeld kan worden, dan zou dit in het regressiemodel toegepast kunnen worden, waardoor deze methode beter is dan de andere. Daar staat tegenover dat deze kennis ook via een eenvoudig procesmodel (drempelmodel, geulmodel) gekoppeld kan worden aan baggervolumes.

Verwacht wordt dat de kosten/inspanning voor het gebruik en het onderhoud van elk van de 3 statistische methoden in het voordeel uitvallen van de huidige methode, omdat deze in Excel is ingevoerd, wat relatief eenvoudig te bewerken is.

In alle gevallen is morfologische kennis op macro- en mesoschaal een voorwaarde voor inzicht en eventuele modellering. Deze kennis wordt in het morfologisch onderzoeksprogramma verzameld en geanalyseerd, o.a. in de vorm van een rapportage per kombergingsgebied.

De methoden gebaseerd op vereenvoudigde proceskennis, het drempel- en het geulmodel, zijn niet erg verschillend, omdat zij beide afhankelijk zijn van een prognose van de evenwichtsdiepte. Zij zijn ook niet concurrerend maar aanvullend. Beide methoden zijn in Excel ingevoerd en de kosten qua inzet en onderhoud zijn gering.

Het Delft3D model is een aanvulling op de meer eenvoudige methoden, en zou ingezet kunnen worden in specifieke gevallen (m.n. bij aanleg baggerwerk). Toepassing van het model kost relatief veel. Onderhoud idem.

De conclusie van de beoordeling is dat er niet één methode de voorkeur verdient en dat een combinatie van methoden en kennis toegepast moet worden afhankelijk van de situatie. Dit wordt verder uitgewerkt in het advies.

5. Advies

De volgende methode/werkwijze wordt geadviseerd voor de prognose van baggerhoeveelheden. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen onderhouds- en aanlegbaggerwerk.

Voor onderhoudsbaggerwerk worden de volgende stappen geadviseerd:

- 1) Statistische analyse van de gemeten baggerhoeveelheden; hiervoor volstaat de huidige methode. In het geval er voor een specifieke baggerlocatie een opvallende verandering (toename) van het baggervolume heeft plaatsgevonden, volgt stap 2.
- 2) Beoordeling van het verloop van de gemeten baggerhoeveelheden aan de hand van morfologische kennis op basis van waarnemingen. Dit moet een verklaring geven voor het verleden en een indicatie voor de toekomst. Het betreft hier:
 - a. Inzicht in de ontwikkeling van het zwevend-stofgehalte
 - b. Inzicht in het gedrag van geulen: de ontwikkeling van eb-/vloedscharen en van drempels; de snelheid van migratie.
 - c. Inzicht in de ontwikkeling van het kombergingsvolume (op macro- en mesoschaal)

Gestreefd moet worden naar de ontwikkeling van indicatoren waarmee deze processen in de tijd beschreven kunnen worden. Een voorbeeld voor zo'n indicator zou de diepte/oppervlakte/volume van het ongestoorde deel van een geul kunnen zijn of van een vloedschaar die zich ontwikkelt. Met deze kennis kan de prognose vanuit de statistische analyse worden bijgesteld op basis van expert-judgement.

Indien hierna behoefte is aan meer voorspelkracht en meer begrip van de geconstateerde ontwikkeling van baggervolumes, dan volgt stap 3.

- 3) Beoordeling van de inzet van een model. In principe komen verschillende modellen in aanmerking afhankelijk van de geschatte meerwaarde (expert-judgement). Het gaat dan om de volgende modellen:
 - a. Regressiemodel, mits hiervoor een procesindicator als stuurvariabele bekend is.
 - b. Drempelmodel
 - c. Geulmodel
 - d. Delft3D model

Voor aanlegbaggerwerk worden de volgende stappen geadviseerd:

- 1) Is sprake van een verruiming van een reeds gebaggerde geul dan kan men zowel een eenvoudig procesmodel als Delft3D inzetten. De keuze is afhankelijk van de reeds aanwezige kennis en van de omvang van het baggerwerk. Een relatief beperkte verdieping van een drempel zou met het drempelmodel onderzocht kunnen worden. Een verruiming van een geul over grote lengte zou met het geulmodel onderzocht kunnen worden, maar in complexe situaties met relatief grote baggerhoeveelheden ook met het Delft3D model.
- 2) Voor een nieuw te graven geul geldt min of meer hetzelfde, maar omdat hier de waterbeweging sterk kan veranderen zal men eerder geneigd zijn het Delft3D model toe te passen.
- 3) In het geval van een haven(bekken)uitbreiding is eveneens de inzet van zowel eenvoudige als complexe modellen mogelijk. Ook hier is de afweging afhankelijk van de complexiteit en omvang van de ingreep.

In alle gevallen van aanlegbaggerwerk kan men "gedwongen" worden de meest geavanceerde methoden toe te passen, omdat dit vereist wordt vanuit wet- of regelgeving. Echter ook de meest complexe modellen kunnen nog niet erg

betrouwbare (< 10%) voorspellingen maken. Een betrouwbaarheid van ca. 50% is waarschijnlijk wel haalbaar.

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Slotconclusie is:

Datum
7 mei 2019

- Ga uit van de huidige methode
- Ontwikkel morfologische kennis en vertaal deze naar relevante indicatoren
- Verdere ontwikkeling van de modellen vindt alleen plaats als daar behoefte aan is vanuit een concrete vraag.

6. Referenties

Fioole, A., 2014. Gebruikte tools. CIV IGA-Zuid. Powerpoint presentatie.

Fioole, A., 2015. Handleiding SURFTREND.

Mulder, H., 2012. Onderbouwing toekomstige baggerinspanning Waddenzee voor IHP. RWS-WVL. Notitie van 21 oktober 2012.

Mulder, H.P.J., 2018. Een model voor de verklaring en prognose van baggervolumes in een getijdegeul. Toepassing op de vaarweg bij Holwerd. Versie 0.1, 28-5-2018, Concept.

Van den Boogaard, H. en T. van Kessel, 2016. Regressieanalyse voor prognoses baggerhoeveelheden Waddenzee. Memo Deltares. Kenmerk 1220032-000-ZKS-0002. 7 juli 2016

Van den Boogaard, H. en T. van Kessel, 2018. Memo prognose baggerhoeveelheden Waddenzee. Deltares. Kenmerk 11202177-000-ZKS-0015.18 december 2018.

Van Kessel, T., 2018. Verslag workshop baggerhoeveelheden 2018. Gehouden 4 oktober 2018. Deltares. Kenmerk 11202177-000-ZKS-0014. 18 december 2018.

Wang, Z.B., M.C.J.L. Jeuken and B.A. Kornman, 2003. A model for predicting dredging requirement in the Westerschelde. International Conference on Estuaries and Coasts, November 9-11, 2003, Hangzhou, China.

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Datum
7 mei 2019

Bijlage 1. Lijst producten m.b.t. stroomlijning prognose baggerhoeveelheden

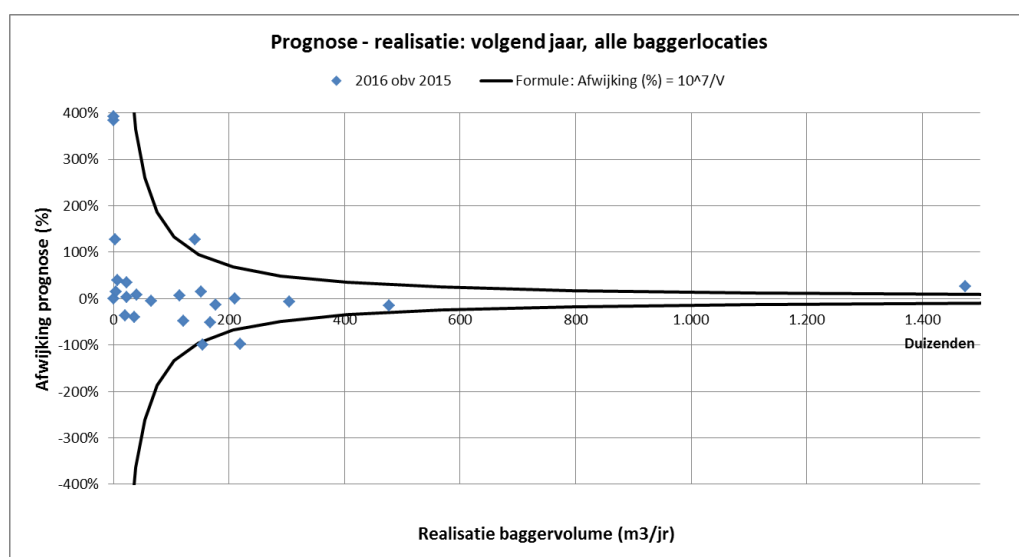
Datum	Product
22-12-2014	Loana Arentz. Verslag. Workshop Stroomlijning Prognose Baggerhoeveelheden Waddenzee. 4 december 2014. Deltares
5-6-2015	Loana Arentz. Verslag. Workshop Stroomlijning Prognose baggerhoeveelheden Waddenzee. 2 juni 2015. Deltares. Kenmerk 1220031-000-ZKS-0004.
30-6-2015	L. Arentz. Stroomlijning prognose baggerhoeveelheden Waddenzee. KPP project 2015 BU03. Deltares. Kenmerk 1220031-000-ZKS-0002. (bevat voorstel)
31-8-2015	Loana Arentz. Memo. Uitvoeringsplan fase 3: stroomlijnen prognose baggerhoeveelheden Waddenzee (KPP project BU03). Deltares
10-11-2015	Kees Kuijper. Verslag. Prognosetool baggerhoeveelheden Waddenzee. 5 november 2015. Deltares. Kenmerk 1220031-000-ZKS-0006.
6-1-2016	Kees Kuijper. Memo. Basisdocument Hydromorfologische factoren. Deltares. Kenmerk 1220031-000-ZKS-0013.
6-1-2016	Kees Kuijper. Memo. Basisdocument Overige factoren. Deltares. Kenmerk 1220031-000-ZKS-0010.
6-1-2016	Kees Kuijper. Memo. Prognosetool Baggerhoeveelheden Waddenzee: Beheer en Onderhoud. Deltares. Kenmerk 1220031-000-ZKS-0017.
6-1-2016	Ellen Quataert en Kees Kuijper. Prognosetool baggerhoeveelheden Waddenzee. Gebruikershandleiding. Versie 2016.1. Deltares. Kenmerk 1220031-000-ZKS-0011 (eerste versie: daarna nieuwe versies gemaakt: 2017.1 etc.)
7-7-2016	Henk van den Boogaard en Thijs van Kessel. Memo. Regressieanalyse voor prognoses baggerhoeveelheden Waddenzee. Deltares. Kenmerk 1220032-000-ZKS-0002.
22-11-2017	Thijs van Kessel. Verslag. Workshop baggerhoeveelheden Waddenzee. 9 november 2017. Deltares.
18-12-2018	Thijs van Kessel. Verslag. Workshop baggerhoeveelheden Waddenzee. Gehouden op 4 oktober 2017. Deltares. Kenmerk 11202177-000-ZKS-0014.
18-12-2018	Henk van den Boogaard en Thijs van Kessel. Memo prognose baggerhoeveelheden Waddenzee. Deltares. Kenmerk 11202177-000-ZKS-0015.

Bijlage 2. Betrouwbaarheid huidige methode

Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving

Datum
7 mei 2019

In deze bijlage wordt een indruk gegeven van de voorspellende waarde van de huidige methode. De (procentuele) afwijking tussen de prognose (P) en het gerealiseerde/werkelijke volume (V), uitgedrukt als $(P-V)/V$ (*100%), neemt af naarmate een groter volume wordt beschouwd. In figuur B1 wordt hiervan een voorbeeld gegeven, inclusief de weergave van de formule die op de afwijking van toepassing kan zijn: $10^7/V$ (in % met V in m^3). Deze formule is gebaseerd op een schatting (niet afgeleid uit alle data).

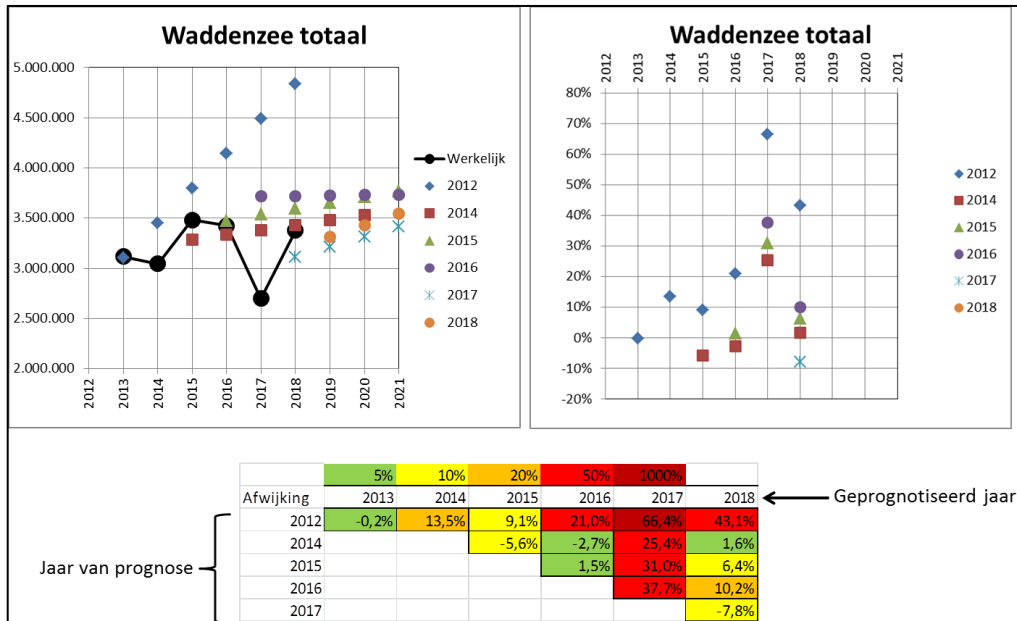


Figuur B1. Relatieve afwijking per deelgebied tussen werkelijk volume in 2016 t.o.v. de prognose die hiervoor in 2015 is gemaakt.

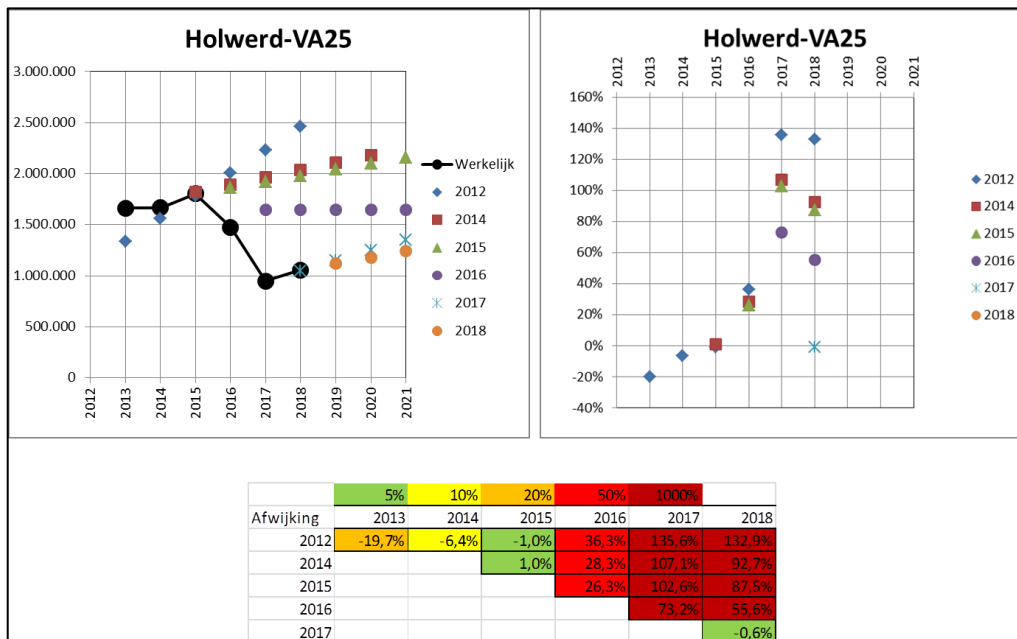
Ongeveer elk jaar is/wordt een voorspelling gemaakt voor de komende 6 jaar. Dit betekent dat voor een bepaald jaar er meerdere voorspelde waarden zijn, in principe 6 als de voorspelling de afgelopen 6 jaar jaarlijks is uitgevoerd. Dit levert in vergelijking met het werkelijke baggervolume meerdere waarden voor (procentuele) afwijking tussen prognose en werkelijk volume.

In figuur B2 zijn voor het totale baggervolume van de Waddenzee (alleen RWS) de werkelijke en voorspelde volumes weergegeven (linker figuur), alsmede de procentuele afwijkingen (rechter figuur) en de bijbehorende matrix met de percentages. In figuur B3 is hetzelfde weergegeven als in figuur B2, maar dan voor het baggervak Holwerd-VA25.

Het blijkt dat de prognose zowel zeer goed (afwijking < 1%) als zeer slecht kan zijn (> +100 %) afhankelijk van het aantal jaren dat vooruit gekeken wordt, maar ook van onverwachte wendingen in het volume, zoals bij Holwerd-VA25, waar medio september 2016 een andere aannemer is gaan werken, waardoor vooral in 2017 een sterke daling is opgetreden.



Figuur B2. Voorspelde en werkelijke volumes en afwijkingen voor het totale volume van de Waddenzee van RWS. In jaar X is een prognose gemaakt voor de jaren X+i, i = 1,6. In 2012 is geen prognose gemaakt. De kleuren in de tabel zijn conform de klassen boven de tabel (steeds onder de klassegrens) De werkelijke waarden zijn bekend t/m 2018.



Figuur B3. Voorspelde en werkelijke volumes en afwijkingen voor het volume van het gebied Holwerd-VA25. Uitleg conform figuur B2.