



Contactpersoon

Ernst Lofvers

(ernst.lofvers@rws.nl)

Herman Mulder

(herman.mulder@rws.nl)

Datum

5 juni 2019

Bijlage(n)

memo

Verwachte toekomstige situatie van de Vaarweg Ameland bij autonome ontwikkeling en ongewijzigd beleid

1. Aanleiding

De veerverbinding met Ameland wordt in stand gehouden door het baggeren van een vaarweg die de loop van diverse natuurlijke geulen van de Waddenzee volgt. Het onderhoud van deze veerroute is de laatste decennia sterk toegenomen, van enkele tienduizenden m³/jr tot momenteel ca. 1,7 miljoen m³/jr. Uit diverse onderzoeken is gebleken dat morfologische ontwikkelingen hiervan de belangrijkste oorzaak zijn. Daarnaast heeft tussentijds een sterke stijging van het baggerwerk plaatsgevonden door de toegepaste baggermethode en de geulverbreding en -verdieping die medio 2010 is doorgevoerd.

Verwacht wordt dat de (autonome) morfologische ontwikkelingen komende decennia zullen doorzetten. Dat zal leiden tot verdere stijging van het baggerwerk, daarmee samenhangende toename van kosten en een steeds grotere impact op de natuurwaarden van de Waddenzee. Over een steeds langere lengte zal de breedte en diepte van de natuurlijke geulen verder afnemen waardoor over een steeds grotere lengte zal moeten worden gebaggerd om aan de afgesproken afmetingen te blijven voldoen. Ondanks het baggerwerk zal het geulprofiel van dit gebaggerde traject krappere zijn dan het vroegere ruime natuurlijke profiel, waardoor de veerboot steeds meer hinder zal ondervinden en daarmee de betrouwbaarheid van de veerverbinding met Ameland steeds verder onder druk komen te staan.

Bovenstaande ontwikkelingen dienen goed begrepen te worden om tot goede visie en besluitvorming te komen rond het op orde krijgen en houden van de gewenste bereikbaarheid van Ameland op de langere termijn (10 – 50 jaar). In deze memo wordt op basis van liggende informatie van verleden tot heden een beeld geschetst van de waargenomen en verwachte morfologische ontwikkelingen op lange termijn, de gevolgen van deze ontwikkelingen voor de baggerhoeveelheden (in 2030), de daarmee samenhangende uitvoering en financiële gevolgen en wordt een ruwe inschatting van de ecologische gevolgen gegeven.

2. Nulscenario: voortzetting huidig beleid, doorgaande morfologische ontwikkelingen Waddenzee

Om een langetermijnvisie te kunnen vaststellen is inzicht nodig in de toekomstige situatie bij ongewijzigd beleid. Dit wordt het "nulscenario" genoemd: de situatie met voortzetting van een zelfde beheer bij autonome ontwikkelingen. Verwacht wordt dat de in 2019 gerealiseerde bochtafsnijding via de vloedgeul daarin geen

structureel effect zal hebben op de baggervolumes op de meer lange termijn. Van het nulscenario worden in dit memo de morfologische, financiële en ecologische gevolgen ingeschat voor de verwachte situatie in 2030. Bij die inschatting is er vanuit gegaan dat de eisen aan de vaarweg (minimaal 50 m breed en NAP -3,80 m diep) en de ligging van de vertreklocaties ongewijzigd blijven.

Datum
5 juni 2019

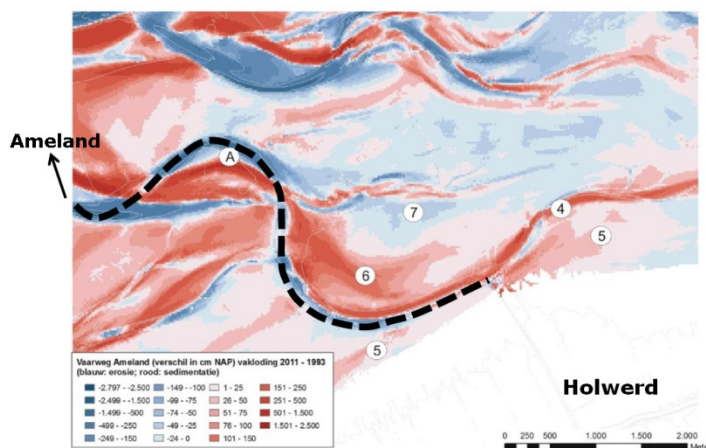
Opbouw

In het nulscenario wordt aandacht gegeven aan:

- De geomorfologische ontwikkelingen op lange termijn (tot 2030), zowel grootschalig als kleinschalig.
- De gevolgen van deze ontwikkelingen voor de baggerhoeveelheden in 2030, en de daarmee samenhangende uitvoering en financiële gevolgen.
- De gevolgen voor de ecologie.

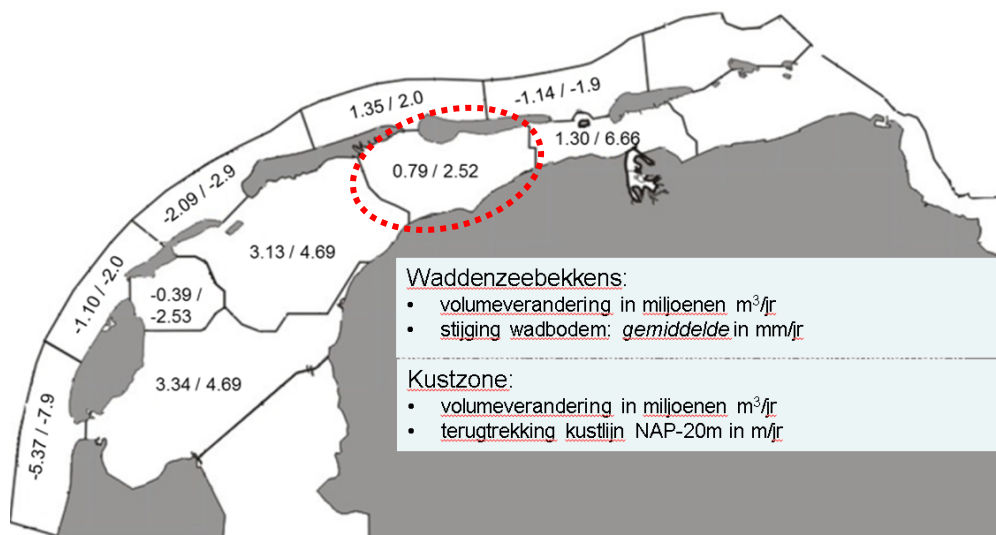
a) Geomorfologische ontwikkelingen

Hoewel de zeespiegel stijgt met ca. 2 mm/jaar is de gemiddelde ophoging van de bodem van het gehele kombergingsgebied van het Zeegat van Ameland (het deel van de Waddenzee onder het westelijk deel van Ameland) hoger geworden: ruim 2 mm/jaar in de afgelopen eeuw en ca. 7 mm/jaar in de periode 1990-2011 (afgeleid uit Nederhoff *et al*, 2017). Met name op de ondiepe delen langs de vastelandskust is relatief veel sedimentatie opgetreden. Op basis van diverse studies wordt verwacht dat deze trend zich autonoom voortzet, ofwel: de Waddenzee zal bij gelijkblijvende zeespiegelstijging gemiddeld genomen steeds ondieper worden.

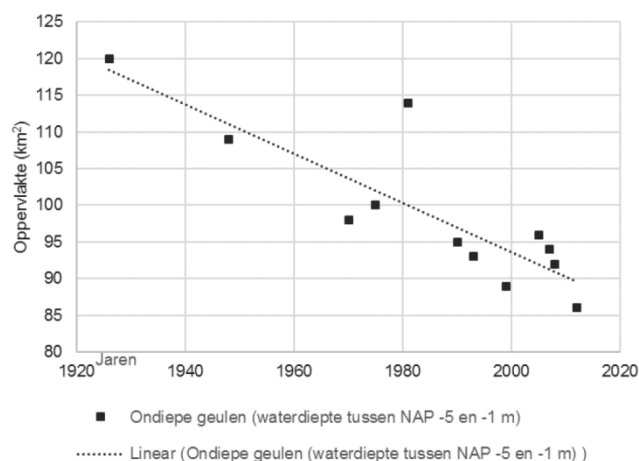


Figuur 1. Bovenstaande verschilkaart (2011-1993) laat de sterke ophoging van het wad bij Holwerd zien. Het gebied rond de vaarweg verzandt (rood, 4, 5, 6) en geulen bochten uit (A).

Datum
5 juni 2019

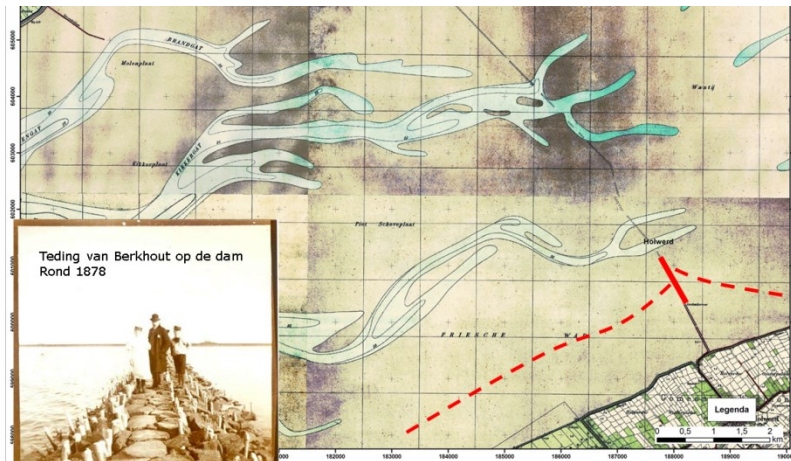


Figuur 2. De trends van resp. de jaarlijkse volumeverandering en de ophoging van de wadbodem per jaar, op basis van gebiedsdekkende vaklodingen van Rijkswaterstaat: het kombergingsgebied van het Borndiep, waarin de Vaarweg Ameland ligt, wordt gemiddeld genomen 2,52 mm/jr ondieper, het kombergingsvolume neemt door deze sedimentatie met 0,79 mln. m³ per jaar af.



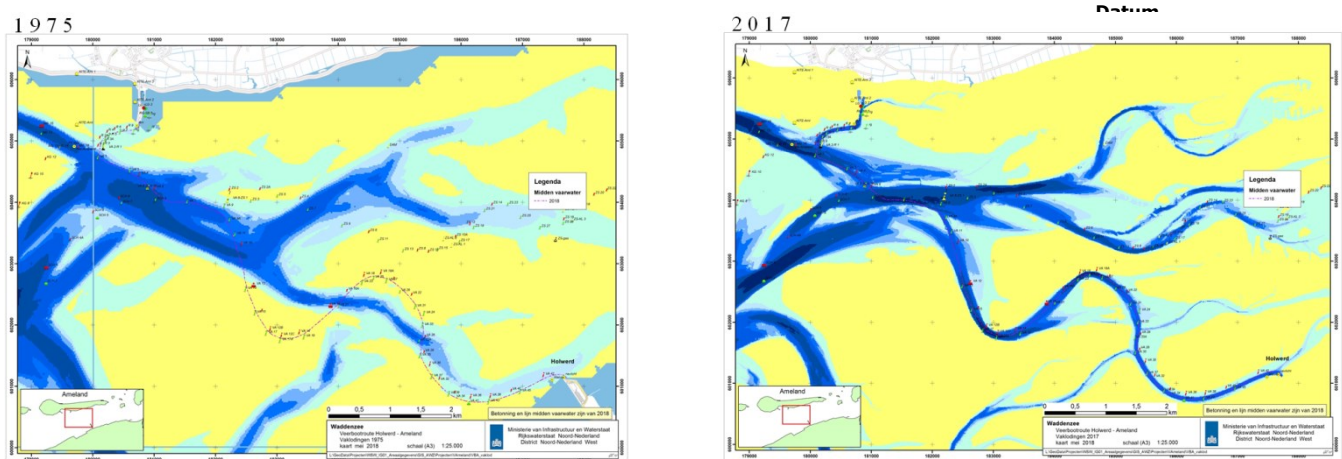
Figuur 3. In het kombergingsgebied van het Borndiep is de oppervlakte aan kleinere geulen (waarvan Vaarweg Ameland onderdeel uitmaakt) sinds de jaren 20 van de vorige eeuw met ca. 25% (trendmatig) afgenomen. De verwachting is dat deze trend zich komende jaren-decennia zal voortzetten. Dit betekent een grote kans op verdere verzanding van de Vaarweg Ameland.

Datum
5 juni 2019



Figuur 4. Deze historische kaart (jaren 20 vorige eeuw) laat de situatie bij Holwerd zien van begin 20^e eeuw. Op de zwarte stippellijn was in 1878 een dam aanwezig die ten behoeve van de landaanwinning op het toenmalige wantij was aangelegd (inzet). Deze dam was geen succes. Het wantij verlegde zich oostwaarts, de dam brak al snel door. De veerdienst ging op de restanten van de dam nabij Holwerd varen. Er was toen nog geen kwelder aanwezig rond de dam, de veerboot kon bij hoogwater vrijwel doorvaren tot aan de dijk. De dam werd meerdere malen verlengd en steeds verder opgewaardeerd als veerdam met aanlegvoorzieningen, horeca en parkeergelegenheden. Eind jaren 50 is de dam voor het laatst verlengd (rood) om zo bij dieper water te komen en een getijonafhankelijke dienstregeling te kunnen voeren.

Door toedoen van de dam en de omringende landaanwinningswerken is de kwelder rond de veerdam sterk gegroeid in zowel oppervlakte als hoogte: de kwelder breidde zich uit tot ongeveer de rode stippellijn (heden). De kwelder heeft nabij de dijk nu een hoogte van ca. NAP+2 m en slibt nog steeds op. Samen met de omhoogkomende platen leidt dit proces tot een gestage afname van het lokale kombergingsvolume, waardoor de geulen (waaronder vaarweg Ameland) steeds minder water gaan voeren en dus gestaag verzanden. Dit leidt tot steeds meer baggerwerk nabij Holwerd.



Figuur 5. Lodingen van resp. 1975 en 2017 laten zien dat de omvang en ligging van de geulen tussen Nes en Holwerd drastisch zijn gewijzigd: de in de jaren 70 nog relatief brede, recht doorgaande en met elkaar verbonden geulen tussen Nes en Holwerd zijn veranderd in smalle meanderende geulen.

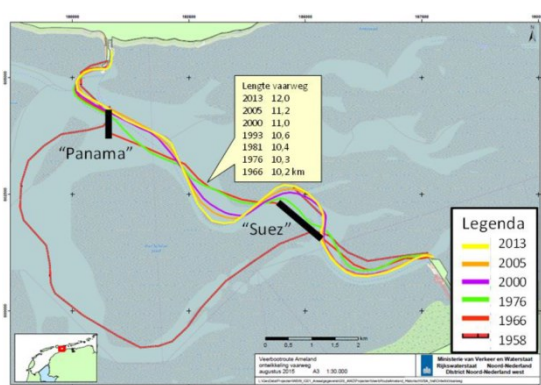
Onder andere Villars *et al* (2016) concluderen dat snelle sedimentatie op de platen rondom de vaargeul heeft geleid tot sterke afname van de debieten (volume water dat per getij door de geul stroomt) door de vaargeul, wat leidt tot verzanding/verslibbing van de vaargeul. Daarnaast blijkt de ebstroom in de gebaggerde geul in verhouding zwakker te zijn geworden dan de vloedstroom, waardoor meer sediment wordt aangevoerd dan afgevoerd. Het gevolg is dat er steeds meer gebaggerd moet worden om de vaargeul op de afgesproken afmetingen te houden.

Volgens Herman *et al* (2016) tonen recente waarnemingen van de bodemligging (2016) en modelresultaten aan dat de tendens tot afname van het kombergingsvolume zich ook afgelopen jaren heeft doorgezet. Op grond van alle trends wordt aangenomen dat dit proces zich ook komende decennia doorzet.

Volgens meest recente studies zal de zeespiegel in de Waddenzee met een snelheid van $8,3 \pm 3,3$ mm/jr kunnen stijgen in de periode 2010-2100 (Vermeersen *et al*, 2018), met een kans op een versnelling, afhankelijk van de gekozen klimaatscenario's. Vooralsnog is langs de Nederlandse kust, en in de Waddenzee in het bijzonder, echter geen versnelling van de zeespiegelstijging waargenomen (zie Zeespiegelmonitor 2018). Gezien de grote onzekerheid rond de zeespiegelstijgingsscenario's kan voor het inschatten van het vaargeulonderhoud op langere termijn het beste rekening worden gehouden met voortzetting van de huidige trends van overheersende sedimentatie bij gelijkblijvende snelheid van zeespiegelstijging. We moeten er dus vanuit gaan dat het kombergingsvolume, vooral langs de kust nabij Holwerd, zal blijven afnemen en dat daarmee de debieten in (met name) de zuidelijke delen van de vaargeul verder zullen afnemen, en het onderhoudsbaggerwerk dus zal toenemen. Langs de eilandkusten kan de ontwikkeling in de Waddenzee anders verlopen, en zelfs gestage erosie van wadplaten optreden, vanwege andere heersende lokale morfologische processen.

Naast deze grootschalige ontwikkelingen is er lokaal sprake van relatief sterke veranderingen in de ligging en ontwikkeling van de geulen waar de vaarweg deel van uitmaakt (zie figuur 1, 6, 7).

Enerzijds is sprake van uitzonderlijk sterke uitbochting, met name in het zuidelijke deel van het traject, anderzijds ontstaan knelpunten door drempelvorming, met name in het noordelijk deel van het traject.



Figuur 6. De lengte van de vaarweg Ameland is sinds het doorbaggeren van twee geulen (Panama- en Suezkanaal in de jaren 50) sinds de jaren 60 door meandering met ca. 20% toegenomen.

De uitbochtelingen leiden ertoe dat de vaarweg steeds langer wordt en ook het getijdewater een steeds langere weg moet afleggen. Dit leidt niet alleen tot langere vaartijden, maar ook tot meer baggerwerk.

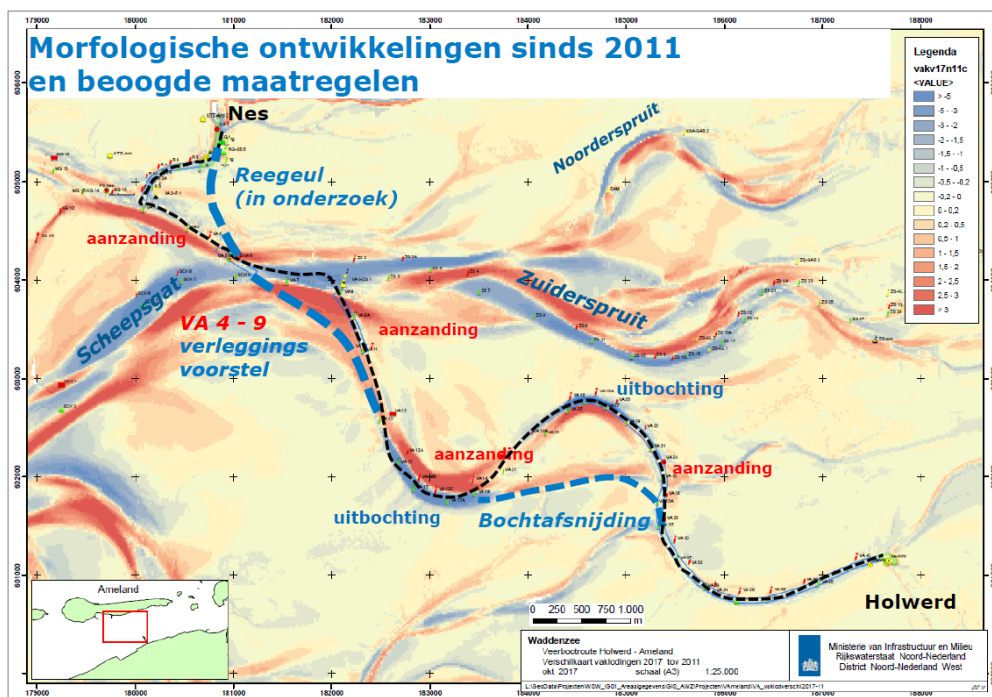
Volgens onderzoek (Herman et al, 2016) is de in de vaargeul optredende uitbochting extreem vergeleken bij geulen waar geen baggerwerk plaats vindt. Vermoedelijk wordt deze extreme uitbochting veroorzaakt door het intensieve baggerwerk, waarbij de uitbochtende (eb)geulen in stand worden gehouden en een natuurlijke doorbraken uitblijven. Dit is onlangs ook verder onderbouwd met nader onderzoek (van Til, 2018). Beter aansluiten op zich ontwikkelende kortsluitgeulen (vloedscharen) zal niet alleen het meanderen kunnen helpen tegengaan, maar ook baggerwerk kunnen besparen. Het is zaak om met het beheer meer rekening te houden met deze natuurlijke fenomenen.

Noordelijker in het traject, bij de kruising van diverse geulen (ter hoogte van de tonnen VA4 en VA9), vindt sinds 2016 aan weerszijde van Scheepsgat/Zuiderspruit nieuwe en zeer sterke drempelvorming plaats, waardoor lokaal het baggerwerk sterk is toegenomen: van 0 m³ vóór 2015 tot respectievelijk 4.000, 375.000, 795.000 en 540.000 m³ in de jaren 2015, 2016, 2017 en 2018.

Een deel van dit knelpunt kan worden weggenomen door het verleggen van het baggervak bij de VA9, waaraan wordt gewerkt en waarmee het baggerbezwaar rond deze locatie met vermoedelijk de helft kan worden verminderd. Bij de VA4 is nog geen oplossing voor handen, mogelijk biedt oostwaartse verlegging enige verlichting.

De kans is echter groot dat dit sterk dynamische gebied in de nabije toekomst knelpunten blijft opleveren, en het baggerbezwaar dus hoog blijft. Gezien de rond deze locatie relatief snel verplaatsende (en mogelijk terugtrekkende) geulen is geen nog zicht op verbetering, waardoor hier potentiële knelpunten aanwezig blijven voor de toekomstige bereikbaarheid.

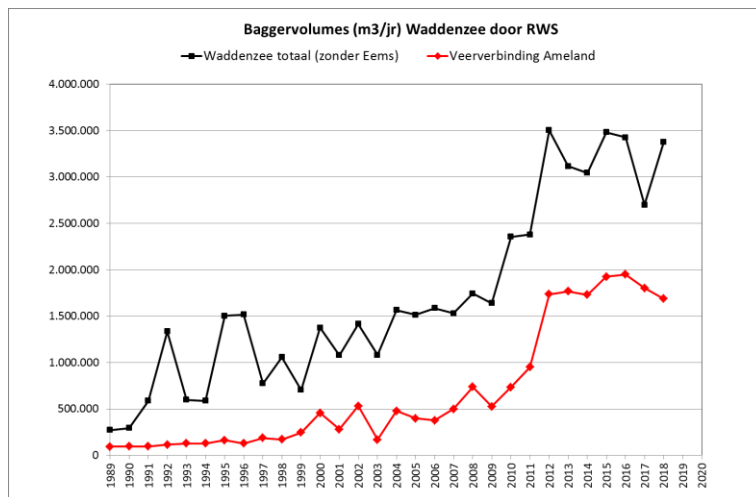
Datum
5 juni 2019



Figuur 7. Recentelijke morfologische veranderingen rond vaarweg Ameland. De huidige route is de zwarte stippellijn, de beoogde bochtafsnijdingen en verleggingen zijn als blauwe stippellijn weergegeven. De rode kleuren laten sedimentatie (aanzanding) en de blauwe kleuren erosie (verdieping, geulontwikkeling) zien. In rood zijn de aandachtsgebieden aangegeven waar de laatste jaren opvallend veel aanzanding heeft plaatsgevonden. Daarnaast blijft het zuidelijke traject bij Holwerd hoge baggercijfers vertonen.

b) Consequenties voor baggerhoeveelheden en kosten

Datum
5 juni 2019



Figuur 8. Ontwikkeling baggervolumes Waddenzee (zwart) en Vaarweg Holwerd-Ameland (rood) tot en met 2018. Het baggervolume wordt voor meer dan de helft bepaald door Vaarweg Ameland.

Sinds de jaren negentig is het baggerwerk in Vaarweg Ameland zeer sterk toegenomen, zie bovenstaande grafiek. De bovengenoemde morfologische veranderingen vormen daartoe de aanleiding. Deze veranderingen werken als volgt door:

Natuurlijke ontwikkelingen:

- Grote schaal: gestage opvulling Waddenzee
- Ophoging/uitbreiding kwelders en platen: hier met enige millimeters tot zelfs een paar centimeter per jaar op de nabij gelegen vastelandskwelders.
- Groot invanggebied van slib (grote beschikbaarheid), wat makkelijk en snel in de geul terecht komt, vooral bij storm.
- Lokale veranderingen hebben geleid tot een andere verdeling van het getij over de geulen. Daardoor is de vloed sterker geworden dan de eb wat de netto aanvoer van slib bevordert.

Daarnaast leidt het baggeren zelf tot extra effecten:

- Een gebaggerde geul is ruimer dan in een natuurlijke situatie, daardoor nemen de stroomsnelheden af en neemt de sedimentatie dus toe.
- In 2011 is, binnen de vergunningseisen, een verbreding en verdieping doorgevoerd. Ook ging de aannemer in 2011 meer baggerspecie "op stroom zetten". Dit heeft vermoedelijk mede geleid tot een sterke toename van het baggervolume (Herman *et al*, 2016).
- Het baggeren beïnvloedt de natuurlijke dynamiek van de geulen in de Vaarweg Ameland: de natuurlijke omslag van eb- naar vloedgeulen wordt tegengehouden, uitbochten wordt daardoor versterkt. Daardoor is de natuurlijke doorbraak van de vloedgeul uitgebleven en moet nu worden ingegrepen met omvangrijk baggerwerk en daarmee samenhangende procedures.

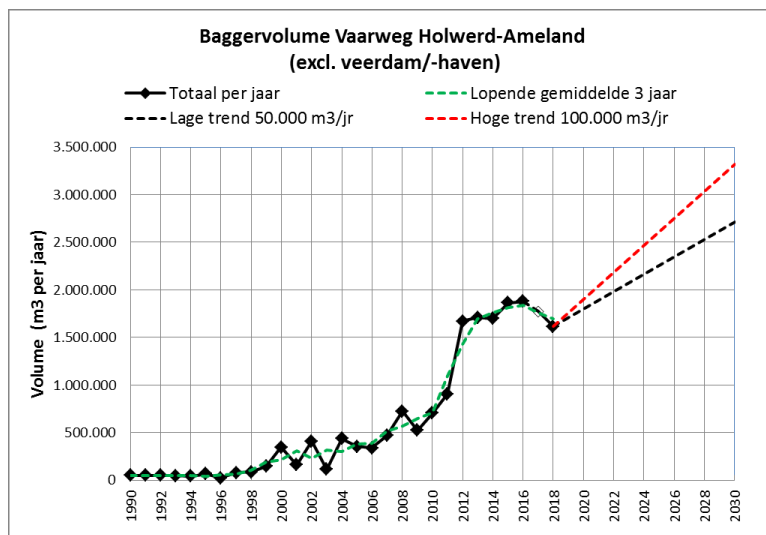
Trends heden en toekomst

Datum
5 juni 2019

De trend waarmee de baggerhoeveelheid gestegen is in de laatste decennia is ongeveer 50.000 à 100.000 m³/jr (gemiddeld stijging tussen 1997 en 2018 is ca. 75.000 m³/jr). De baggerhoeveelheid bedraagt momenteel ca. 1,7 Mm³/jaar. Dergelijke hoeveelheden zijn vergelijkbaar met bijvoorbeeld het baggerwerk voor de Euro-Maasgeul bij Rotterdam. Er moet vrijwel continu worden gebaggerd om de geul op orde te houden. Een belangrijk deel wordt in het zuidelijk deel van het traject gebaggerd (tussen Holwerd en de ton VA25).

Worden de trends van afgelopen jaren rechtlijnig doorgetrokken dan zou het baggervolume voor de gehele vaargeul in 2030 kunnen toenemen tot ca 2,7 à 3,3 miljoen m³/jr (zie figuur 9). Dit is sterk afhankelijk van de diverse genoemde morfologische ontwikkelingen in het gebied die moeilijk voorspelbaar en moeilijk door te vertalen zijn naar een toekomstig baggervolume, ook de werkwijze van de aannemer zal daarin een rol spelen. Gezien de grootschalige trend van 'verlanding' van dit deel van de Waddenzee is het echter zeer aannemelijk dat zonder maatregelen een verdere stijging zal optreden.

De bochtafsnijding van de vloedgeul (die in de eerste maanden van 2019 is uitgevoerd) kan op termijn leiden tot een reductie van het baggervolume met ca. 0,1 Mm³/jr. Deze 'winst' is echter erg onzeker en moet daarnaast gezien worden als tijdelijk (Herman *et al*, 2016). Door de heersende trends van 'verlanding' van de Waddenzee zal een eventuele winst op termijn weer te niet worden gedaan.



Figuur 9. Ontwikkeling en prognose totale baggervolume van de vaarweg Holwerd-Ameland.

Zoals hierboven genoemd kent de veerbootroute ook nieuwe knelpunten nabij de tonnen VA4 en VA9. Hier werd tot 2016 nog niet gebaggerd, nu wordt hier ca 0,5 Mm³/jr gebaggerd. Verwacht wordt dat het knelpunt bij VA9 (tijdelijk) kan worden verminderd door een kleine verlegging van de route naar het westen.

De veranderingen zijn hier echter niet voorbij, er is veel aanzanding zichtbaar (figuur 1). De morfologische ontwikkelingen in dit gebied kunnen komende decennia blijven leiden tot plotselinge toenames van baggervolumina. Het is van belang om deze morfologische ontwikkelingen goed te volgen en daarop goed te anticiperen.

Als wordt vastgehouden aan de huidige veerroute wordt verwacht dat door de morfologische veranderingen gaan leiden tot een verdere toename van het onderhoudswerk. Dit vereist dan inzet van steeds meer baggermaterieel over een steeds langer traject. Gezien de waargenomen en verwachte trends zou kunnen worden verwacht dat in 2030 minimaal twee baggerzuigers permanent ingezet moeten worden om de vaarweg op orde te houden.

Daarbij moet rekening worden gehouden met toename van vertragingen en steeds grotere risico's voor de algehele bereikbaarheid van het eiland:

- de geul verandert over een steeds grotere lengte van een van oorsprong natuurlijke brede geul in een gebaggerde (en dus smallere) geul. De hydraulische weerstand voor de schepen neemt daardoor toe, en daarmee kans op vertragingen.
- door de verwachte toename van de lengte van de baggervakken in de vaargeul kan het steeds vaker voorkomen dat door overmacht door natuurlijke omstandigheden (zoals storm, ijsgang, veranderende morfologie, inzakken plaatranden) de geul niet op orde kan worden gehouden.
- Vanwege de verwachte toename van baggerwerk zullen meer baggerschepen, gedurende langere tijd en in smaller wordende geulen actief zijn: dit zal extra hinder opleveren voor de veerdienst.

Kosten

De huidige kosten voor alleen de Vaarweg Ameland worden geschat op zo'n 4 à 5 M€/jr. Aangezien het onderhoud van de vaargeulen voor de gehele Waddenzee is opgebost tot één prestatiecontract zijn geen exacte afzonderlijke prijzen te geven voor het specifieke onderhoud van de Vaarweg Ameland. Momenteel wordt meer dan de helft van het baggerwerk in de Waddenzee verricht in de Vaarweg Ameland.

De verwachte stijging van het baggervolume in de Vaarweg Ameland kan leiden tot een kostentoeename van ruwweg 3,3 à 5,1 M€ per jaar in 2030 (bij een prijs van € 3 per m³). De jaarlijkse baggerkosten voor Vaarweg Ameland kunnen in 2030 dus uitkomen op 8 à 10 M€ per jaar. Net als voor de baggervolumes geldt ook voor de kosten dat deze voorspelling onzekerheden kent, maar ze kunnen worden gezien als richtinggevend.

c.) Ecologische gevolgen

Het beleid is dat baggerspecie op daartoe aangewezen verspreidingslocaties wordt verspreid. Een toename van het baggervolume betekent dat er ook meer baggerspecie verspreid moet worden. Meer baggerwerk kan leiden tot een lokale toename van de troebelheid. Dit leidt vervolgens tot afname van de primaire productie, en daarmee tot verminderde voedselbeschikbaarheid.

Een belangrijk beleidsdoel in de Waddenzee is dat natuurlijke morfologische processen zo ongestoord mogelijk plaatsvinden. Meer baggerwerk betekent een steeds grotere beïnvloeding van het natuurlijke gedrag van de geulen. Dit blijkt ook uit de aangehaalde studies. Deze beïnvloeding druist in tegen de beleidsopgaven die het gebied kent op grond van Natura2000.

Met de toename van gebaggerde oppervlakte, met mogelijk ook een toename van aangetast areaal rond de verspreidingslocaties, neemt ook de ecologische

verstoring van de bodem en omringende water toe. Dit leidt tot aantasting van bodemfauna, en vervolgens voedselbeschikbaarheid. Ook kan toename van de baggeractiviteiten zelf (vaarbewegingen, geluid onder en boven water) tot steeds meer verstoring op aanwezige soorten leiden.

Datum
5 juni 2019

Ook zal bij toename van baggerwerk de emissie van uitlaatgassen en CO₂ toenemen. Op grond van de klimaatdoelstellingen en duurzaamheidsambities kan dit worden beschouwd als onwenselijk.

3. Conclusie, nabeschuiving

Op basis van diverse onderzoeken en recente ervaringen kunnen de volgende richtinggevende conclusies worden geformuleerd:

- Gezien de morfologische ontwikkelingen is de inschatting dat zonder (grootschalig) ingrijpen (zoals andere geulen gaan volgen, aanleg van dammen, of verleggen van de vertrek- en aankomstlocaties naar dieper water) er structureel en steeds meer gebaggerd moet worden om de vaargeul op de afgesproken streefdiepte van NAP -3,80 m en een minimale breedte van 50 meter te houden. Het proces van verondieping/sedimentatie zal de komende decennia vermoedelijk doorgaan, waardoor over steeds grotere delen van de vaargeul gebaggerd moet worden. Zonder ingrijpen zal het baggerbezwaar vermoedelijk verder toenemen. Er moet rekening mee worden gehouden dat het onderhoud steeds moeilijker beheersbaar wordt, de kosten exposief stijgen en de algehele bereikbaarheid verder in het geding komt. Dit vergt innovatieve oplossingen.
- Wat betreft het baggerwerk wordt verwacht dat minimaal twee zuigers permanent actief moeten zijn om de geul op orde te houden medio 2030-2035. De kostentoeename wordt geschat op 4 tot 7 M€ per jaar, afhankelijk van de morfologische trends kunnen de totale jaarlijkse baggerkosten voor de vaargeul Ameland oplopen tot 9 tot 12 M€ per jaar vanaf 2030. Mocht in het meest gunstige geval geen stijging van het baggerwerk optreden dan zullen de jaarlijkse kosten nog altijd minimaal ca 4 à 5 M€/jr bedragen. Dit wordt ook bepaald door bijvoorbeeld olieprijsen. Vooralsnog is geen zicht op baggertechnieken waarmee het baggerwerk en daarmee samenhangende prijzen kunnen worden teruggedrongen. Het beste is om te streven naar het zo optimaal mogelijk volgen van de natuurlijke morfologische ontwikkelingen om zo het baggerwerk, en daarmee de kosten en natuur-/milieueffecten te verminderen.
- Afgevraagd moet worden of er, gezien de (verwachte) grote inspanningen en hoge kosten, geen betere en goedkopere alternatieven denkbaar zijn om Ameland bereikbaar te houden. Dit zou middels een MKBA (maatschappelijke kosten-batenanalyse) inzichtelijk gemaakt moeten worden.
- De impact op de morfologie en ecologie zal bij toename van baggerwerk verder toenemen, waaronder toename van de troebelheid en daarmee een lagere voedselbeschikbaarheid en een steeds groter versturend effect op de natuurlijke morfologische dynamiek van de Waddenzee. Dit gaat in tegen de doelen voor de Waddenzee, zoals vastgelegd in Natura2000 en de PKB-

Waddenzee. Verwacht wordt dat het toekomstige beleid nog scherper gaat sturen op het wegnemen of verminderen van ecologische 'drukfactoren' (zoals baggeren) op de Waddenzee. Dit vergt dus oplossingsrichtingen waarmee ook de druk op de natuur zoveel mogelijk wordt weggenomen.

Datum
5 juni 2019

Ernst Lofvers (Rijkswaterstaat Noord-Nederland)
M.m.v. Herman Mulder (Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving)

Literatuur

Herman, P.M.J., N. Villars, H. Winterwerp, T. van Kessel, Z. Wang, C. Briere, L. van Rijn en J. Cleveringa, 2016. Analyse Vaargeul Holwerd-Ameland. Eindrapport. Deltares rapport, kenmerk 1230378-005-ZKS-0001. 107 pp + bijlagen.

Nederhoff, K., B. Smits en Z.B. Wang, 2017. KPP Waddenzee Kennisontwikkeling morfologie en baggerhoeveelheden. Data analyse hypsometrie en getij. Deltares. Kenmerk 11200521-000-ZKS-0005.

Til van, S.W., 2018. Getijdemeanders in kombergingsgebied Borndiep. Arcadis Nederland B.V.

Vermeersen, B., A. Slangen en T. Gerkema, 2018. Waddenzee Rapport 2018. Zeespiegelstijging. Zeespiegelprojecties voor de Nederlandse Waddenzee in 21ste eeuw i.o.v. Waddenacademie en Programma naar een Rijke Waddenzee.

Villars, N., T. van Kessel, H. Winterwerp, Z. Wang, C. Briere, M. de Lucas Pardo, J. Cleveringa, L. van Rijn, P.M.J. Herman, 2016. Analyse vaargeul Holwerd-Ameland: Verkennende studie naar maatregelen om vertragingen en baggerbezwaar op te lossen. Deltares rapport, kenmerk 1230378-000-ZKS-0017. 69 pp. + annexes.