

Nationale erosieresistente lagen kaart

Achtergrond en instructies



Nationale erosieresistente lagen kaart
Achtergrond en instructies

Auteur(s)

Erik van Onselen

Nationale erosieresistente lagen kaart

Achtergrond en instructies

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	Rena Hoogland

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	25-11-2021
Projectnummer	11206794-003
Document ID	11206794-003-ZKS-0005
Pagina's	13
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	 Erik van Onselen	 Ad van der Spek	 Toon Segeren	

Inhoud

1	Achtergrond	5
2	Detectie ERL's en karterwerk	7
2.1	Brondata	7
2.2	Verwerking data	7
2.3	Karterwerk	8
3	Gebruik ERL kaart	10
4	Referenties (ook voor kaartproduct)	12

1 Achtergrond

1.1 Doel

Dit document beschrijft de aanleiding en context waarin de Nederlandse kaart van ErosieResistente Lagen (verder ERL's) langs de kust tot stand is gekomen. Tevens geeft dit document instructies hoe deze kaart te gebruiken (hoofdstuk 3).

Het kennen en begrijpen van de ligging van erosieresistente lagen is van belang voor het programmeren van het onderhoud van de Nederlandse kust, in het bijzonder het begrijpen en voorspellen van de lange-termijn kustontwikkeling. De geologische ontwikkeling van de kust en de daarmee samenhangende opbouw van de ondergrond, is namelijk mede sturend in de grootschalige ontwikkeling van het Nederlandse kuststelsel, migratie van getijdengeulen, diepe bodemdaling en relatieve zeespiegelstijging, en de beschikbare hoeveelheid winbaar zand in de Noordzee. Hierom hebben Rijkswaterstaat en Deltares gezamenlijk onderzoek gedaan naar erosieresistente lagen in het onderzoeksprogramma KPP B&O Kust. Dit is een meerjarig programma waarin kennis en tools worden ontwikkeld die Rijkswaterstaat 1) inzicht bieden in de ontwikkeling van het zandig kuststelsel en 2) ondersteunen in het beheer en onderhoud van het zandig kuststelsel.

1.2 Voorgeschiedenis

De morfologie van natuurlijk gevormde (vaar)geulen in de Waddenzee, Westerschelde, Eems-Dollard en langs de Hollandse Kust wordt mede bepaald door de erosiegevoeligheid van de bodem waarin de geul zich verticaal insnijdt en lateraal beweegt. De geologie is om die reden onlosmakelijk verbonden aan de morfologie en morfologische ontwikkeling van geulen. In het kader van het kustbeheer, en het (vaar)geulbeheer in het bijzonder, is het van belang om inzicht te krijgen in de locaties waar dit het geval is.

Sinds 2015 is er in het kader van KPP Beheer & Onderhoud Kust uitgebreid onderzoek gedaan naar het effect van harde, erosieresistente lagen (ERL's) op de ontwikkeling van getijdengeulen in de Waddenzee en Westerschelde. In 2017 werd een kaart geproduceerd met de verbreiding van erosie-resistente geologische lagen in de ondergrond (Hijma, 2017a). In het conceptuele model zoals beschreven in Hijma (2017b), leiden ERL's aan de basis van de geul tot relatief vlakke, maar brede geulbodems, terwijl deze lagen in de geulwand leiden tot een afwisseling van steile en vlakke delen. In 2018 werd over de casus in het Borndiep (Forzoni et al., 2018) gerapporteerd, een locatie die als schoolvoorbeeld dient van hoe twee ERL's in zowel de geulbodem als geulwand zorgen voor een gereduceerde migratiesnelheid van de geul. Uit de observaties in het Borndiep ontstond de 'hellingtool', waarmee in 2019 ruim twintig locaties handmatig werden aangewezen op basis van karakteristieke eigenschappen in de geometrie van de geulwand en -bodem. In 2020 werd de analyse van deze locaties uitgebreid met een analyse van de historische morfologische ontwikkeling, waaruit concrete effecten bleken op de langjarige ontwikkeling van getijdengeulen. Ook volgde uit dit rapport een uitbreiding van het conceptuele model uit Hijma (2017): migratiesnelheid van een geul met een ERL in de wand wordt niet altijd verlaagd, maar kan boven deze laag ook gelijk blijven of juist toenemen. De resultaten van de verbreidingskaart, hellingtool, analyse van morfologische ontwikkeling en daaruit volgende inzichten zijn in het rapport van 2020 gebundeld (zie Van Onselen, 2020).

De kennis die in de afgelopen jaren is opgedaan, heeft geresulteerd in de ontwikkeling van een tool waarmee automatisch gebieden aangewezen kunnen worden waar de bodem zich

gedraagt alsof er een ERL in de ondergrond ligt. Deze indicatie verkleint het zoekgebied naar ERL's aanzienlijk en maakt het daarmee mogelijk om monitoring te focussen op specifieke gebieden die relevant zijn voor beheer en onderhoud van de kust en vaargeulen. De tool zorgt bovendien voor reproduceerbaarheid, waardoor met het inwinnen van nieuwe gegevens de analyse makkelijk bijgewerkt kan worden.

In 2021 is deze nieuwe tool in alle Nederlandse getijdenbekkens en langs de Hollandse Kust toegepast. Hiermee is een digitaal raadpleegbare kaart geproduceerd waarop alle locaties met actieve ERL's inzichtelijk zijn gemaakt en gedocumenteerd. De gebruiker kan door profielen en gebieden aan te klikken extra gegevens bekijken. Dit document dient als achtergrondinformatie en als handleiding.

Met dit document zijn de werkzaamheden in 2021 aan ERL's in KPP BenOKust afgesloten. Voor het komende jaar is het de intentie het werk wetenschappelijk vast te leggen en dissemineren middels een wetenschappelijke publicatie. Ook is het de intentie de tool te combineren met de kustviewer, welke ook binnen BenO Kust is ontwikkeld en onderhouden wordt.

2 Detectie ERL's en karterwerk

2.1 Brondata

Voor de analyse zijn vaklodingen gebruikt. Vaklodingen zijn sinds medio jaren '20 beschikbaar voor zowel zoute als grote zoete wateren. In de Waddenzee zijn dit singlebeam echolood metingen en recenter multibeam. In de Westerschelde gaat het om singlebeam metingen met een raaiafstand van 100 m in het oostelijke deel en 200 m in het westelijke deel. Tegenwoordig wordt hier een combinatie van singlebeam en laseraltimetrie voor droogvallende delen gebruikt. De data worden in gedefinieerde vakken roulerend opgenomen. Dit gebeurt in principe in cycli van 1x per 3 jaar of 1x per 6 jaar. Echter, vóór de jaren '70 was deze frequentie veel lager. Bijvoorbeeld: voor het Borndiep, één van de onderzoekslocaties in dit rapport, zijn van vóór de jaren '70 enkel metingen van 1926 en 1948 beschikbaar. Pas vanaf 1971 werd hier ongeveer om de 6 jaar de diepte ingemeten. De bathymetrische data van een vaklodingsgebied worden samengesteld tot een 20x20 m grid. In dit project zijn alle beschikbare vaklodingen tussen 1926 en 2020 gebruikt.

2.2 Verwerking data

Als gevolg van de roulerende opname van vaste deelgebieden zijn de dieptegegevens uit de vaklodingen onregelmatig verspreid in zowel ruimte als tijd. Om een goed beeld te krijgen van morfologische ontwikkeling is het daarom van belang om de individuele rasters naar een regelmatige tijdas te interpoleren, waarin alle missende jaren voor een gegeven gebied zijn aangevuld door middel van lineaire interpolatie tussen de laatst bekende en eerstvolgende dieptemeting. Tevens zijn naast helling ook de minimum bathymetrie (het laagst dat de bodem heeft gelegen) en verticale bewegingssnelheid van de bodem belangrijke afgeleiden.

De rasters zijn in eerste instantie herschikt naar hetzelfde grid en coördinatenstelsel. Vervolgens is de data ondergebracht in één enkele dataset. Vanuit deze dataset zijn de volgende afgeleide rasterdata geproduceerd voor elke 20x20 m cel waarvoor minimaal twee dieptewaarden beschikbaar zijn:

1. Helling (°)

De helling kan een indicatie zijn voor een erosie-resistente laag die ervoor zorgt dat er een vlak plateau in de geulwand of op de geulbodem ontstaat.

2. Hellingverandering (°/m)

De mate waarin de helling veranderd in de ruimte kan op de volgende manieren een indicatie zijn van morfologie die verband houdt met een erosie-resistente laag: (1) geen hellingverandering in combinatie met een lage helling duidt op een plateau; en (2) een zeer hoge waarde van hellingverandering wordt verwacht op plekken waar een steilrand voor een abrupte overgang zorgt.

3. Gemiddelde verticale snelheid van de afgelopen 10 jaar (m/dag)

De gemiddelde verticale bewegingssnelheid van de bodem in het recente verleden kan een indicatie zijn voor erosie-resistente lagen die momenteel 'actief' zijn. Op een dergelijke locatie wordt verwacht dat de mate van verdieping gering is. Sedimentatie of juist zeer sterke erosie duiden erop dat er geen sprake is van een erosie-resistente laag die op dat moment actief is aan het oppervlak.

4. Verschil laatste meting en laagste bodemhoogte (m)

Dit geeft het hoogteverschil tussen de laatst gemeten diepte (de 'huidige' diepte) en de maximale diepte die daar ooit gemeten is. Dit is een belangrijke indicator voor erosie-resistente lagen die momenteel 'actief' zijn. Hier zal de huidige bodemligging ongeveer gelijk zijn aan de maximale diepte. Als dat niet het geval is ligt er recent (< 100 jr) afgezet en los gepakt sediment op de bodem.

De bovenstaande afgeleide rasterdata zijn gebruikt in combinatie met een aantal voorwaarden om tot de kaart met indicaties voor ERL's te komen (Figuur 1). Aan alle voorwaarden moet tegelijkertijd voldaan worden om een positieve indicatie voor een ERL te krijgen. De voorwaarden zijn als volgt gekozen:

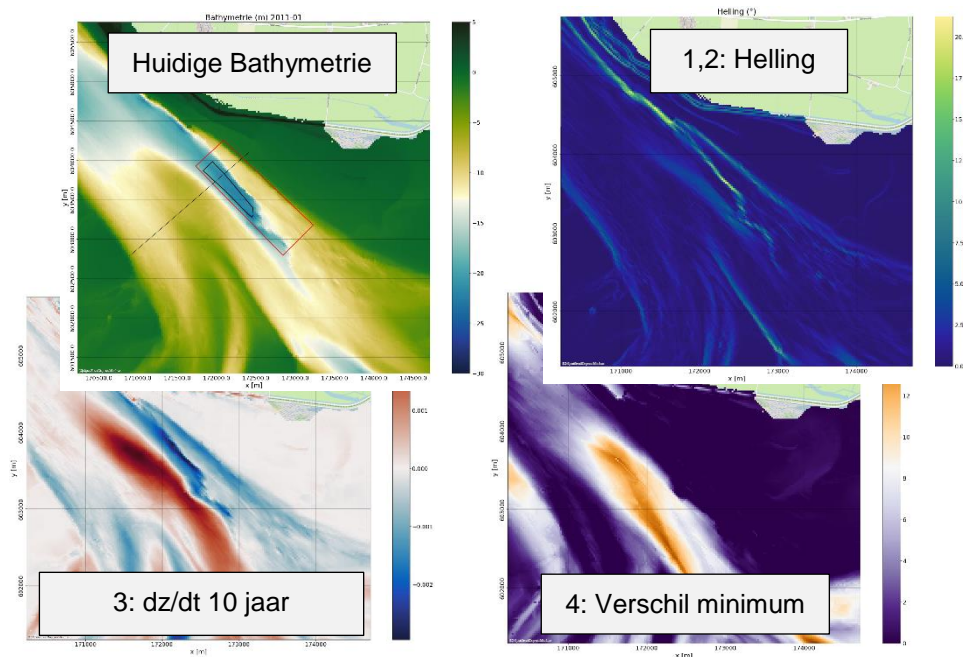
1. **Helling:** < 1 ° en > 8 °
2. **Hellingsverandering:** < 0.1 °/m en > 0.4 °/m
3. **dz/dt afgelopen 10 jaar:** > -0.002 m/dag en < 0 m/dag
4. **Verschil huidig, minimum:** < 0.5 m

2.3 Karterwerk

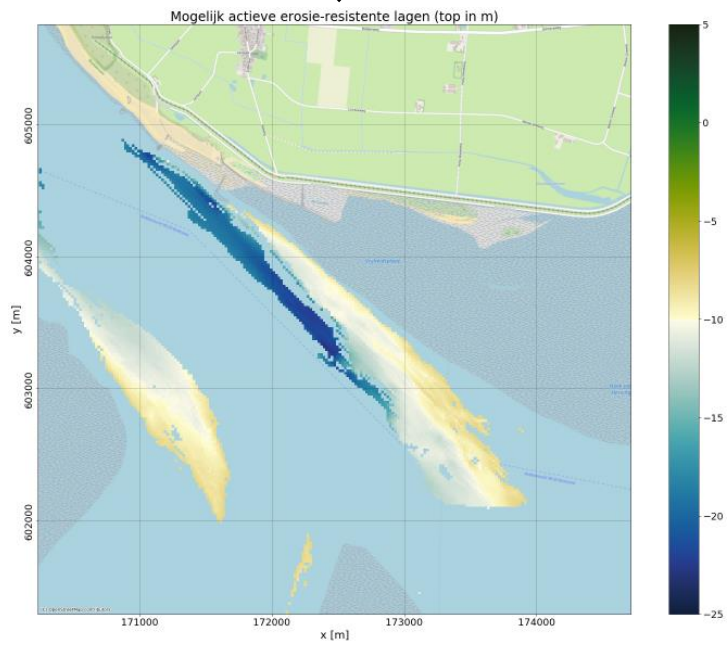
Alhoewel de kaart met indicaties voor ERL's het zoekgebied aanzienlijk verkleint, komen er veel vals positieven voor en is er handmatige controle nodig alvorens een gebied definitief ingetekend en gedocumenteerd kan worden. Deze controle wordt gedaan door de historische morfologische ontwikkeling langs verschillende profielen in het betreffende gebied te bekijken en te beoordelen op kenmerken uit het conceptuele model (Hijma, 2017; Van Onselen 2020). Daarnaast wordt gekeken of grondonderzoek in de buurt aanwijzingen geeft voor de aanwezigheid van een ERL. Tot slot, en indien beschikbaar, is gezocht naar literatuur om de vermoedens dan wel te bevestigen of te ontcrachten.

Als er voldoende aanwijzingen zijn voor een ERL in de bodem, wordt er een polygoon om het betreffende gebied getekend en wordt er een kwalitatief oordeel gegeven aan de betrouwbaarheid van de kartering. Er worden vier categorieën beschreven:

1. **ERL aangetoond** (op basis van karakteristieke morfologische ontwikkeling en grondonderzoek op locatie, i.e. de harde laag is aangeboord waar de ERL voorspeld wordt).
2. **ERL zeer waarschijnlijk** (op basis van karakteristieke morfologische ontwikkeling en grondonderzoek in de buurt).
3. **ERL waarschijnlijk** (op basis van karakteristieke morfologische ontwikkeling en eventueel andere aanwijzingen in de omgeving).
4. **ERL mogelijk** (op basis van minder sterke aanwijzingen in morfologische ontwikkeling en vaak geen onderzoek in de buurt om het vermoeden te ondersteunen).



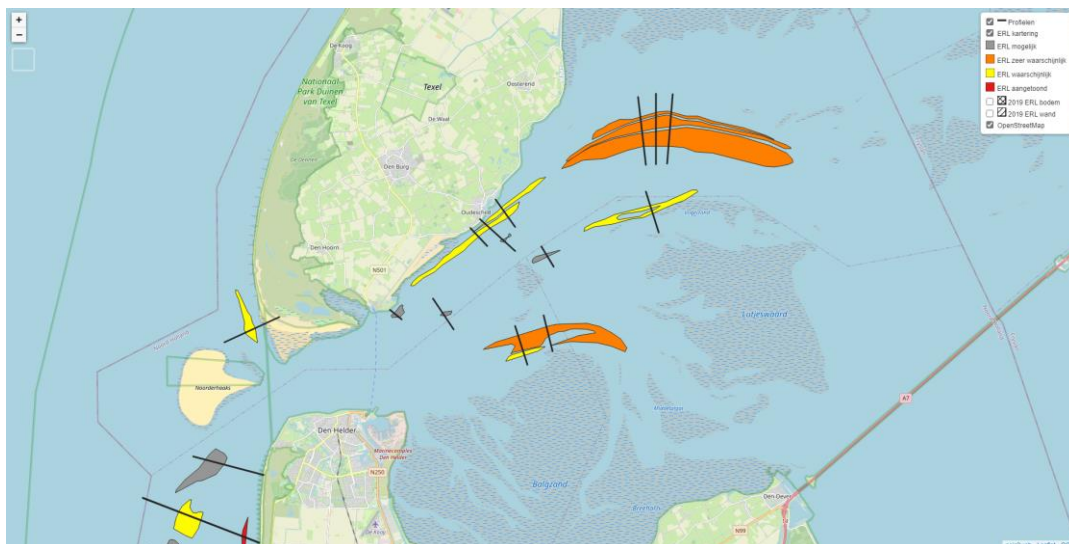
Voorwaarden



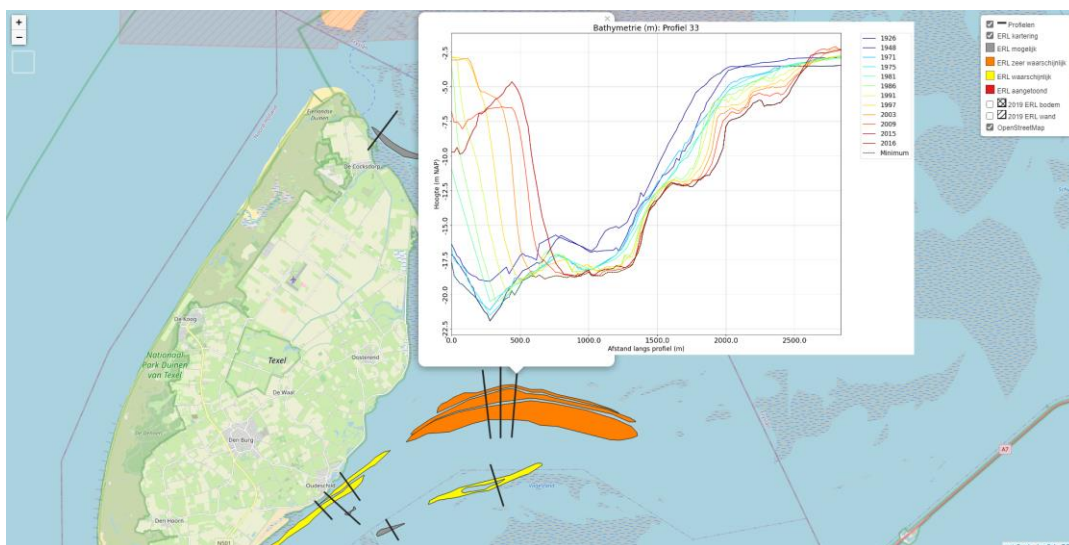
Figuur 1. Overzicht detectie ERL-methode, voorbeeld Borndiep. De verschillende afgeleide rasterdata wordt vergeleken met de in dit hoofdstuk gegeven voorwaarden. Hier komt een grid uit met cellen die een waarde 0 (voldoet niet) of 1 (voldoet aan alle voorwaarden) kunnen hebben. In het voorbeeld van het Borndiep is de diepte geprojecteerd op cellen waar aan alle voorwaarden voldaan wordt. Duidelijk herkenbaar is hier de geulbodem (donkerblauw), waarvan bekend is dat er potklei aan dit oppervlak ligt, en twee niveau's van (vroeg-)Holocene afzettingen in de geulwand van het Borndiep (lichtblauwe en lichtgele gebieden)

3 Gebruik ERL kaart

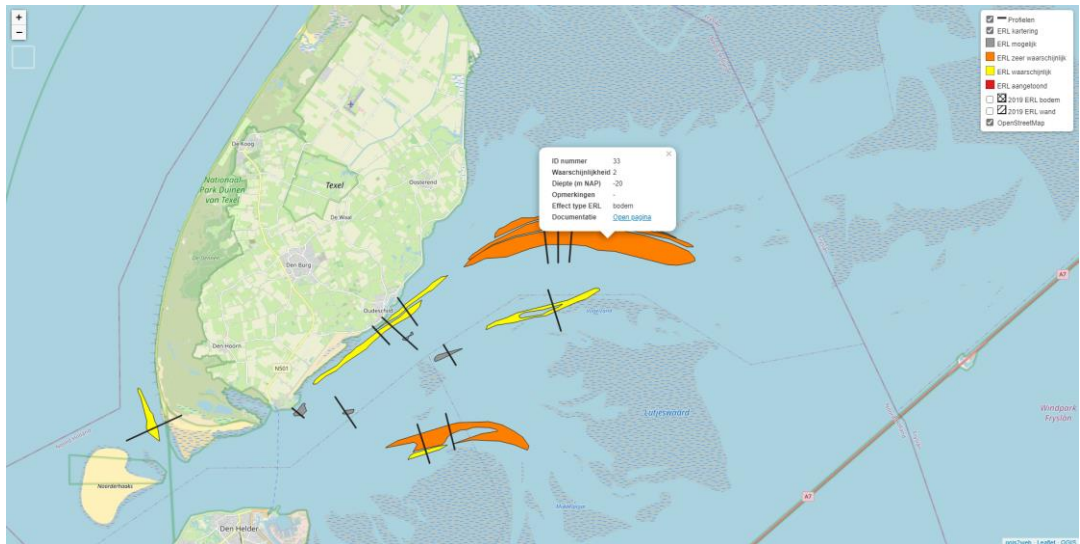
De ERL kaart is een HTML pagina die in elke internetbrowser geopend kan worden. Open 'index.html' in bijvoorbeeld Google Chrome of Microsoft Edge om naar de kaart te gaan. De onderstaande figuren geven een overzicht van de functionaliteit en informatie die getoond kan worden.



Figuur 2. ERL Kaart. Rechtsboven kunnen lagen aan- en uitgezet worden.



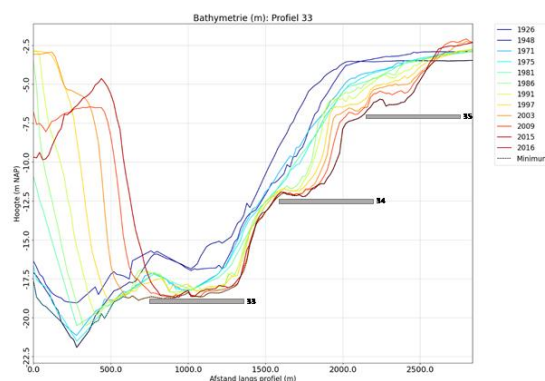
Figuur 3. Klik een profiel aan om het bijbehorende figuur zichtbaar te maken. Dit figuur bevat de verschillende bathymetrie-opnamen (vakclodingen) door de tijd heen.



Figuur 4. Klik op een polygoon om meer informatie over deze ERL te krijgen. Onderaan dit venster kan je de documentatiepagina openen door op 'Open pagina' te klikken.

33. Texelstroom bocht (1)

Type: ERL in geulbodem, zeer waarschijnlijk
Diepte: ~ 19 m -NAP
Herkomst ERL: [DRGI](#)
Verbreidingskaart: WW4
Morfologie: Vlakke geulbodem maximaal 300-600 m breed.
Erosiepatroon: Insnijding volledig gestopt op de ERL. Voor migratiesnelheden zie ERL 34 en 35. ERL is tussen 0 en 500 m (in figuur) doorbroken geweest, maar vanaf 500 m intact gebleven.
Opmerkingen: Onderdeel van een groot gebied met ERL 34 en 35 in de bocht van de Texelstroom
Literatuur: -



Figuur 5. Documentatiepagina voor ERL 33. De getoonde informatie is als volgt. **Type:** Soort ERL (wand/bodem/plateau), gevolgd door één van de vier categorieën van waarschijnlijkheid. **Diepte:** Gemiddelde diepte van voorkomen bovenkant ERL. **Herkomst ERL:** Lithostratigrafische eenheid. Klik op de naam om naar de betreffende informatiepagina van dinoloket te gaan. **Verbreidingskaart:** De code van de erosie-resistente laag in de kartering van Hijma (2017a). **Morfologie:** Hoe het effect van de ERL te zien is. **Erosiepatroon:** Ontwikkeling van het gebied in termen van insnijding en laterale migratie. **Opmerkingen:** Overige bijzonderheden zoals correlatie met andere gebieden, noemenswaardige boringen in de buurt etc. **Literatuur:** Connectie met wetenschappelijke literatuur of eerdere Deltares rapporten.

4 Referenties (ook voor kaartproduct)

De Leeuw, V.P.M., 2006, De rol van Pleistocene afzettingen op het verloop van geulen in de Nederlandse Waddenzee, Stagerapport TNO Bouw en Ondergrond, 23 pp.

Forzoni, A., Hijma, M.P., Vermaas, T., 2018. Geologie en morfodynamiek getijdengeulen - Casus Borndiep, Zuidwest Ameland, Deltares report 11202190-001-ZKS-0002, Utrecht, The Netherlands, 26 pp.

Hijma, M.P., 2017a. Tidal-channel migration between 1997-2014 in relation to the local build-up of the subsurface, The Netherlands, Deltares rapport 11200538-004-ZKS-0003, Deltares rapport 11200538-004-ZKS-0003, 43 pp.

Hijma, M.P., 2017b. Geology of the Dutch coast: The effect of lithological variation on coastal morphodynamics. Deltares rapport 1220040-007-ZKS-003, 47.

Hijma, M.P., Van Onselen, E.P., 2021. Begraven landschappen in 12 mijlszone – Werkwijze en onderbouwing, Deltares memo 11205725-002-BGS-0002, 15 pp.

Pierik, H.J., Busschers, F.S., Kleinhans, M.G., 2019. De rol van resistente lagen in de historische morfologische ontwikkeling van het Eems-Dollard estuarium vanaf de 19e eeuw, rapport Universiteit Utrecht, Departement Fysische Geografie, i.o. Rijkswaterstaat WVL ten behoeve van het ED2050 programma.

Sha L.P., 1992. Geological research in the ebb-tidal delta of 'Het Friesche Zeegat'. Rapport RGD-project 40010, Rijks Geologische Dienst, Haarlem

Van der Spek, A. J. F. (1996). Holocene depositional sequences in the Dutch Wadden Sea south of the island of Ameland. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, 57, 41-69.

Spek, A.J.F. van der. 1997. "De Geologische Opbouw Ondergrond van Het Mondingsgebied van de Westerschelde En Rol in Morfologische Ontwikkeling." Rapport nr NITG 97-284-B, TNO, Haarlem.

Van der Spek, A.J.F., Van Heteren, S., 2004. Analyse van steekboringen verzameld in het Molengat en het Nieuwe Schulpengat. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, rapport NITG 04-095-C, 45 pp.

Van der Vegt, H., Van Onselen, E.P., Van der Spek, A.J.F., 2021. Erosie-resistente lagen in het Westerschelde mondingsgebied en de invloed daarvan op de pilot-suppletie, Deltares rapport 11206794-003, 49 pp.

Van der Vegt, H., Mastbergen, D., Van der Werf, J., 2020. Moeilijk-erodeerbare lagen in de Westerschelde, Deltares rapport 1210301-015-ZKS-0014, 57 pp.

Van Onselen, E.P., 2020. Moeilijk erodeerbare lagen in de Waddenzee en Westerschelde, Deltares rapport 11205236-002-ZKS-0005, 97 pp.

Van Onselen, E.P., 2021. Case studies erosie-resistente lagen Callantsoog en Terschelling, Deltares rapport 11206794-003-ZKS-0004, 63 pp

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl