

*Memorandum***Aan**

Tommer Vermaas, Ad Stolk, Rena Hoogland, Suzan van Lieshout

Van

Drs. D. Maljers

Onderwerp

DIS 3.0 -Verkenning mogelijkheden actualisatie lagen- en voxelmodel

Geologische Dienst Nederland
Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum

30 oktober 2020

Onze referentie

060.43686-02iv

Doorkiesnummer

+31621335764

Inleiding

Het maken en onderhouden van het DIS lagen- en voxelmodel is zowel een kennis- als tijdsintensief proces. In deze memo schetsen we de huidige situatie om het DIS model te maken en geven we aan hoe daar in de toekomst mogelijk van afgeweken kan worden.

De wensen die door Rijkswaterstaat zijn geformuleerd zijn in te delen in:

- Aanpassingen die invloed hebben op de modelberekeningen van lagenmodel of voxelmodel;
- Aanpassingen aan de bevraging van het DIS voxelmodel.

Datum
30 oktober 2020

Onze referentie
060.43686-02iv

Blad
2/8

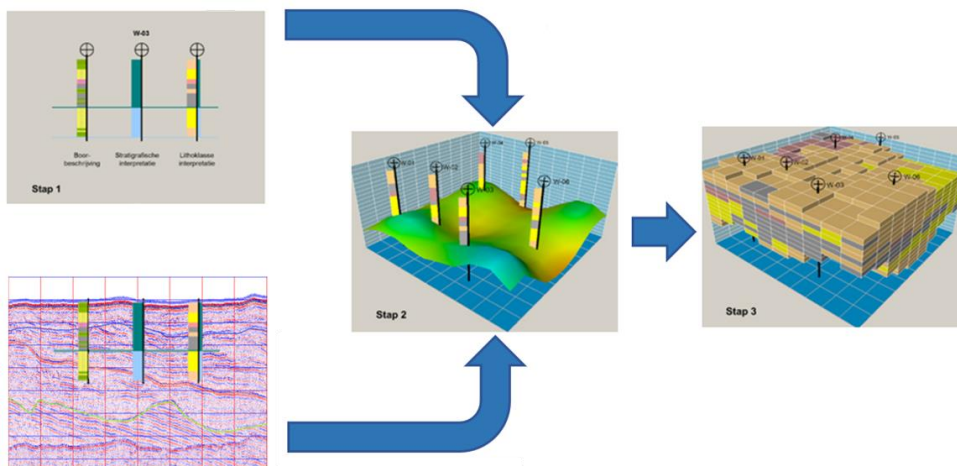
Huidige situatie

In het kort vinden de volgende stappen plaats om een nieuw DIS model te maken en te bevragen, zie ook Figuur 1.

Stap 1: Boringen en seismiek worden in samenhang geïnterpreteerd (gezamenlijke activiteit van Deltares en TNO, nadruk bij Deltares op de ondiepe seismiek, bij TNO op de boringen); stap 2: Er wordt een lagenmodel berekend op basis van geïnterpreteerde seismiek en boringen, waar nodig wordt de interpretatie verder verfijnd naar facies om zo het onderscheid tussen winbare zandlagen en stoorlagen beter in beeld te brengen (activiteit van TNO met inbreng door Deltares).

Stap 3: Binnen de onderscheiden geologische lagen wordt een voxelmodellering uitgevoerd van zowel lithoklasse als van slibklasse (activiteit van TNO met inbreng door Deltares).

Stap 4: Het voxelmodel wordt bevraagd aan de hand van stoorlaagsscenario's, dit levert zowel kaarten op met per XY locatie een schatting van de winbare hoeveelheid zand, als bulkvolumes per gebied. Bij de bevraging wordt rekening gehouden met uitsluitingsgebieden (gezamenlijke activiteit van Deltares en TNO, TNO berekent alle stoorlaagsscenario's, Deltares berekent de bulkvolumes en maakt de kaarten).



Figuur 1 Overzicht van de stappen behorende bij het opzetten van een voxelmodel voor de ondergrond van de Noordzee. Stap 1: in samenhang interpreteren van de boorbeschrijvingen en ondiepe seismiek; stap 2: opstellen van een op type afzettingen gericht lagenmodel waarin lithostratigrafische eenheden waar nodig verder worden opgedeeld in winbare lagen en stoorlagen; stap 3: modelleren van de lithoklassen op basis van data en toegevoegde kennis. Het proces van stap 1 naar stap 2 zal bestaan uit meerdere iteraties, onder andere omdat hierbij wordt vastgesteld hoe de seismische data het beste kunnen worden meegenomen in het lagenmodel, en omdat de validatie van de seismische interpretaties op basis van boorbeschrijvingen niet in elk gebied mogelijk of optimaal is. Stap 4 is niet gevisualiseerd, het voxelmodel wordt bevraagd, resulterend in kaarten en bulkvolumes.

Datum
30 oktober 2020

Onze referentie
060.43686-02iv

Blad
3/8

Mogelijke toekomstige situatie

Hieronder worden de door Rijkswaterstaat geuite wensen besproken. Ze zijn onder te verdelen in aanpassingen die invloed hebben op de modelberekeningen van zowel lagen- als voxelmodel als in aanpassingen aan de bevraging van het voxelmodel. De realisatie van deze wensen moet vervolgens nader besproken worden.

Aanpassingen die invloed hebben op de modelberekeningen van lagenmodel of voxelmodel

De volgende aanpassingen worden hier onder verstaan:

- Het toevoegen van nieuwe data, zowel boordata als seismische data
- Het aanpassen van bestaande boorbeschrijvingen, door doorvoeren van verbeteringen in de codevelden van de DINO database
- Het aanpassen van het coördinatensysteem
- Het aanpassen van het verticaal referentieniveau
- Een uitbreiding van het modelgebied
- Het doorvoeren van een nieuwe bathymetrie
- Het verwerken van nieuwe geologische inzichten
- Het verwerken van nieuwe modelleertechnieken

Dit zijn aanpassingen die veel impact hebben op het gehele proces. Achter elke aanpassing staat vanaf welke stap conform Figuur 1 de aanpassing impact heeft.

Toevoegen van nieuwe boordata of het aanpassen van bestaande boorbeschrijvingen (stap 1)

Voor het toevoegen van nieuwe boordata worden nu de volgende stappen doorlopen: inwinnen data (boren, boringen verwerken en beschrijven), toevoegen data aan DINO database, interpreteren data i.s.m. bestaande data (t.b.v. het DIS), dataprocedures draaien, en vervolgens de gehele workflow inclusief lagenmodellering en voxelmodellering. Bij het aanpassen van bestaande boorbeschrijvingen beginnen de stappen bij het interpreteren van de data.

Van deze stappen kan wellicht afgeweken worden, door na het inwinnen van de data, en het toevoegen van de data aan de DINO database, de boordata (nieuw dan wel aangepast) te vergelijken met het dan actuele DIS lagenmodel. Waarbij de volgende vragen relevant zijn:

- Past de boring in het gehanteerde concept?
- Past de interpretatie bij het actuele model?
- Komen de geologische lagen anders te liggen als deze boordata wordt meegenomen?

Op basis van de antwoorden wordt vervolgens een inschatting gemaakt van de impact van het toevoegen van deze boordata op het lagenmodel. Als de impact gering is, m.a.w. met het toevoegen van de data wordt het lagenmodel niet significant beter, dan hoeft het lagenmodel niet opnieuw berekend te worden. De data zal uiteindelijk wel een keer worden meegenomen, omdat bijvoorbeeld de onzekerheid verkleind wordt door meer data mee te nemen.

Als de impact groot is, m.a.w. door het toevoegen van de data wordt het lagenmodel beter, dan moet vanaf de lagenmodellering alles opnieuw berekend worden.

Datum
30 oktober 2020

Onze referentie
060.43686-02iv

Als we uitgaan van een geringe impact, interpreteren we vervolgens de data stratigrafisch, naar eenheden, en vergelijken we de lithologische informatie in de boringen met het voxelmodel. Waarbij de volgende vraag relevant is:

Blad
4/8

- Komt de lithologische informatie overeen met de voorspelling in het voxelmodel?

Als de boring geen extra informatie geeft t.o.v. het actuele voxelmodel (zowel qua lithoklasse als qua slibklasse) en er is voldoende data aanwezig, dan hoeft de data niet 'acuut' meegenomen te worden, en dan gaat de data in toekomstige update van het DIS mee.

Als de boring geen extra informatie geeft t.o.v. het actuele voxelmodel (zowel qua lithoklasse als qua slibklasse), maar er is niet voldoende data aanwezig, dan verkleint het toevoegen van de nieuwe data de onzekerheid. Aan de voorspelling van het model verandert echter niks. Voorstel is om de data in een toekomstige update van het DIS mee te nemen.

Als de boring extra informatie geeft en dus afwijkt van het actuele voxelmodel, dan zijn verschillende scenario's mogelijk:

1. Het model voorspelt zand, maar de boring laat een stoorlaag zien (door of klei/leem/veen of slib% hoger dan 2%). Dit heeft een negatieve impact op de hoeveelheden winbaar zand. Model moet opnieuw berekend worden.
2. Het model voorspelt een stoorlaag (door of klei/leem/veen of slib% hoger dan 2%), maar de boring laat zand zien. Dit heeft een positieve impact op de hoeveelheden winbaar zand. Model moet opnieuw berekend worden.
3. Afwijkingen tussen model en boring die niet leiden tot aanpassingen van de hoeveelheden zand zijn minder relevant voor de totale hoeveelheden winbaar zand, maar kunnen wel impact hebben op de verschillende types zand. Nieuwe data kan in een toekomstige update van het DIS update mee.

Ook als de uitkomst van de bovenstaande analyse is dat er een tussentijdse update van het voxelmodel nodig is, moeten er aanvullende criteria vastgesteld worden over de timing van de update. Gedacht kan worden aan het:

- vaststellen van het aantal nieuwe boringen die afwijkingen laten zien
- of de relevantie, beleidstechnisch gezien, van het gebied dat aangepast moet worden
- etc.

Voor het lokaal aanpassen van zowel het lagen- als voxelmodel door het toevoegen van data zal nader onderzocht moeten worden wat de impact is op de aansluiting met de bestaande, omliggende gebieden. Het gebruiken van een bufferzone zou een van de oplossingen kunnen zijn om een randeffect te verkleinen. Als het geologisch concept echter aangepast moet worden omdat

bijvoorbeeld eenheden die eerder niet gekarteerd waren in de nieuwe data wel zichtbaar zijn, dan volstaat een lokale aanpassing waarschijnlijk niet.

Datum

30 oktober 2020

Onze referentie

060.43686-02iv

Toevoegen van nieuwe seismische data (stap 1)

Het toevoegen van nieuwe seismische data heeft een directe invloed op het lagenmodel en kan bij aanpassingen daarvan een indirecte invloed hebben op het voxelmodel.

Blad

5/8

Voor het toevoegen van nieuwe seismische data worden nu de volgende stappen doorlopen: inwinnen data, interpreteren data in samenhang met bestaande data, dataprocedures draaien, en vervolgens de gehele workflow inclusief lagenmodellering en voxelmodellering.

Een soortgelijke strategie als bij het toevoegen van nieuwe boordata kan gevolgd worden voor het bepalen van de impact van de nieuwe seismische data. Waarbij de volgende vragen relevant zijn:

- Past de seismische interpretatie in het gehanteerde concept?
- Past de interpretatie bij het actuele model?
- Komen de geologische lagen anders te liggen als deze seismische data wordt meegenomen?

Verandering van het coördinatensysteem (stap 1)

Bij een verandering van coördinatenstelsel en verticaal referentieniveau moet de basisdata omgerekend worden, en moet een aangepaste, nieuwe griddefinitie gemaakt worden. Waarbij veranderingen aan het referentieniveau meer impact hebben op het eindresultaat dan het aanpassen van het coördinatenstelsel.

Het aanpassen van het coördinatensysteem kan technisch gezien ook achteraf gedaan worden, mits de resultaten niet als gridcel nodig zijn, maar slechts als bulkvolumes. Transformaties vinden namelijk plaats op puntniveau (een gridcel wordt dan beschouwd als punt), waardoor er geen sprake meer is van een cartesisch, regelmatig, grid als resultaat. Transformatie naar een regelmatig grid is technisch ook mogelijk, maar kan alleen door de data te 'vervormen': er treed een verschuiving van het gehele grid op, of de data worden statistisch geïnterpoleerd naar het nieuwe raster. Beide mogelijkheden zorgen voor een resultaat dat verschilt van het oorspronkelijke model en dat daarom geologisch gezien niet correct meer is.

De eenvoudigste en meest correcte manier o.i. is om de *andere* data, zoals een bevragingspolygoon of masker, om te zetten naar het coördinatensysteem van het DIS en niet andersom.

Verandering van het (verticaal) referentieniveau (stap 1)

Dit kan in ieder geval voor het lagenmodel achteraf, er zijn namelijk grids met het verschil tussen de referentievlakken die gebruikt kunnen worden voor correctie. Voor het voxelmodel krijg je echter feitelijk een nieuwe griddefinitie, waardoor je

Datum

30 oktober 2020

Onze referentie

060.43686-02iv

Blad

6/8

opnieuw zult moeten interpoleren. Dit komt doordat het voxelmodel een regelmatige dikte van de cellen heeft van 0,5 m met vaste boven- en ondergrenzen (b.v. van LAT -30,0 tot LAT -30,5 m). Tussen twee verticale referentieniveaus is het verschil ruimtelijk variërend, dus niet een vaste waarde. Hierdoor kan het verticale verschil tussen twee aangrenzende cellen verschillen – om beide cellen verticaal correct aan te passen zullen de verticale grenzen van de cellen niet meer gelijk lopen.

Dit probleem kan opgelost worden door waardes af te ronden, wat echter wel in een verandering van het oorspronkelijke model resulteert en dat daarom geologisch gezien niet correct meer is. Een dergelijke aanpassing van het model is technisch mogelijk na ontwikkeling van tools/scripts. De verandering van het referentieniveau heeft geen effect op de winbaarheidsgrids en de volumes.

Uitbreiding van het modelgebied (stap 1)

Bij uitbreiding van het modelgebied moet de gehele workflow van interpretatie tot en met modellering doorlopen worden. Om aansluitingsproblemen te voorkomen kan het beste het gehele gebied opnieuw berekend worden voor het bestaande gebied, zonder aanpassingen, kost dat alleen extra rekentijd.

Momenteel houden we daarnaast rekening met een bufferzone rondom het modelgebied om artefacten aan de randen van het gebied te verkleinen, deze bufferzone moet mogelijk ook aangepast worden bij een uitbreiding en zal dan ook de gehele workflow moeten doorlopen.

Doorvoeren van een nieuwe bathymetrie (stap 1)

Er zijn twee mogelijke scenario's bij het doorvoeren van een nieuw bathymetrisch grid:

1. Gebieden waar sedimentatie is opgetreden, m.a.w. er komen in het voxelmodel cellen aan de top bij
2. Gebieden waar erosie heeft plaatsgevonden, m.a.w. er zijn in het voxelmodel cellen verdwenen. Dit treedt ook op in die gebieden waar zandwinning plaatsvindt.

In het geval van sedimentatie kun je de cellen invullen door het model geheel opnieuw te draaien, maar je kan ze ook aanmerken als 'nieuw zand' en daarbij de aanname doen dat het van type X is. Deze diktes en volumes kun je vervolgens los rapporteren zodat duidelijk wordt welk deel van het volume gebaseerd is op berekeningen en welk deel gebaseerd is op aannames.

Aanpassingen aan de huidige workflow zijn nodig om dit mogelijk te maken.

In het geval van erosie is uiteraard geen nieuw model nodig, de bovenste cellen krijgen in het model een 'nodata' waarde. De bevraging van het model moet wel opnieuw uitgevoerd worden om te komen tot een correcte schatting van de winbare diktes per XY-locatie en van de volumes.

Het verwerken van nieuwe geologische inzichten (stap 1)

Nieuwe geologische inzichten worden verwerkt in het conceptueel model en hebben invloed hebben op de interpretatie van de data en op de

verbreidingsgrenzen van de eenheden en betekenen daarmee dat de volledige workflow doorlopen moet worden.

Het model GeoTOP, het 3D onshore voxelmodel van TNO - Geologische Dienst Nederland, kent dezelfde uitdaging. Daar is voor gekozen om in elk nieuw gebied de nieuwe kennis zo goed als mogelijk is mee te nemen, maar dat betekent niet dat alle al eerder gemodelleerde gebieden direct ook opnieuw worden berekend. De nieuwe inzichten worden daar pas meegenomen in een onderhoudscylcus, als het model dus opnieuw berekend moet worden. Dat is dan echter geen geringe aanpassing.

Voor het DIS model kan een soortgelijk principe gevolgd worden. Bij onderhoud kan vervolgens altijd gekeken worden wat gezien de beschikbare tijd en budget haalbare aanpassingen zijn die uitgevoerd worden.

Het verwerken van nieuwe modelleertechnieken (stap 1, 2 of 3)

Nieuwe modelleertechnieken kunnen bijvoorbeeld tot een verkorting van de benodigde rekentijd leiden, of ze kunnen leiden tot een betere schatting van de lithoklasse in het lagenmodel. De implementatie leidt altijd tot het opnieuw doorlopen van de modelleerworkflow, afhankelijk van waar de techniek een rol speelt worden zowel lagen- als voxelmodel aangepast of wordt alleen het voxelmodel aangepast.

Aanpassingen aan de bevraging van het DIS voxelmodel

Dit zijn de aanpassingen die de minste impact hebben op het modelleren zelf, en dus de minste doorlooptijd vergen, ervan uitgaande dat er niet gelijktijdig aanpassingen zoals hierboven beschreven worden doorgevoerd.

Het gaat hierbij om aanpassingen die bijvoorbeeld samenhangen met het berekenen van de zogenoemde winbaarheidsgrids, denk hierbij aan aanpassingen van de stoorlaagscenario's, of aanpassingen die te maken hebben met de berekening van de totale volumina voor bepaalde gebieden. Deze aanpassingen kunnen doorgevoerd worden zonder dat het lagen- en/of voxelmodel opnieuw doorgerekend moeten worden. Het gaat daarbij dus om de bevraging van het model om te komen tot kaarten en volumes die gebruikt kunnen worden als beslissingsondersteunend systeem.

Ook aanpassingen in de uitsluitingsgebieden (het 'masker') kunnen gedaan zonder het model aan te passen. Het vervaardigen van een polygoon hiervoor en het opnieuw berekenen van volumes voor deelgebieden kunnen in de toekomst (deels) worden geautomatiseerd door het vervaardigen van tools/scripts.

Een beknopt overzicht (niet uitputtend) van aanpassingen die alleen invloed hebben op de bevraging:

- Definiëren nieuw scenario, zoals een andere stoorlaagdefinitie;
- Berekenen volumes voor andere windieptes;
- Berekenen volumes van andere zandklassen (bijvoorbeeld alleen zand 63-105 mu – NB: enkel mogelijk voor in DIS aanwezige zandklassen);
- Aanpassen uitsluitingsgebieden;
- Aanpassen deelgebieden;

Datum

30 oktober 2020

Onze referentie

060.43686-02iv

Blad

7/8

Voor de meeste aanpassingen is geen (semi)automatische methode beschikbaar op dit moment. Hier kunnen wel tools/scripts voor worden ontwikkeld, die afhankelijk van de aanpassing meer of minder tijdsinst winst opleveren.

Datum

30 oktober 2020

Onze referentie

060.43686-02iv

Blad

8/8



Onderhoudscyclus

Het DIS model en de daarvan afgeleide winbaarheidsgrids zijn de afgelopen 10 jaar enkele keren op vraag van Rijkswaterstaat geactualiseerd, bijvoorbeeld omdat er nieuwe data beschikbaar waren gekomen.

Als we kijken naar de modellen zoals die nu in de BRO zijn opgenomen is er sprake van een onderhoudscyclus, daarmee is onderhoud aan de diverse modellen opgenomen in een meerjarenplanning. Een dergelijke onderhoudscyclus zou ook goed mogelijk zijn voor het DIS, waarvoor wel een stabiel budget beschikbaar moet zijn. Naast onderhoud aan het model is het ook goed om onderzoek te programmeren dat het DIS lagen- en/of voxelmodel verbeterd en daarmee de bruikbaarheid van de resulterende producten vergroot. De onderhoudscyclus als ook de programmering van onderzoek zullen onderwerpen ter bespreking zijn voor de plannen van 2021 en verder.