



# Review lagenmodel voor grondwatermodellering PWN



## Colofon

Opdrachtgever	Datum	Auteur(s)
NV PWN Waterleidingbedrijf NH	13 augustus 2024	Vincent Post (Edinsi Groundwater)

Behoudens andersluidende afspraken met de opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd.

Edinsi Groundwater aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de opdrachtgever.

## Inhoudsopgave

Colofon.....	1
Inhoudsopgave .....	2
1 Inleiding .....	4
1.1 Achtergrond .....	4
1.2 Doelstelling.....	4
1.3 Werkwijze .....	5
1.4 Leeswijzer .....	5
2 Algemene bevindingen.....	6
2.1 Putlocaties .....	6
2.2 Shapefiles .....	7
2.3 Vergelijking met Triwaco model .....	9
3 Model NHDZ .....	12
3.1 Kaarten .....	12
3.1.1 Vergelijking met REGIS .....	21
3.2 Profielen .....	21
3.2.1 Algemene opmerkingen .....	21
3.2.2 Profiel F-F' .....	22
3.3 Model Bergen.....	24
3.3.1 1A.....	25
3.3.2 1B.....	26
3.3.3 1C.....	27
3.3.4 1D.....	28
3.3.5 2A.....	29
3.3.6 Overige opmerkingen .....	30
4 Samenvoeging shapefiles NHDZ en Bergen.....	31
4.1 Laag S2.1 (Eem formatie) .....	31
4.1.1 Dikte.....	31
4.1.2 Diepteligging top .....	32
4.1.3 S2.1_0 .....	33
4.2 Laag S1.3 (hoofdzakelijk basis Holocene).....	34
4.2.1 Dikte.....	34
4.2.2 Diepteligging top .....	35

4.3	Laag S1.2 (Holoceen) .....	35
4.3.1	Dikte.....	35
4.3.2	Diepteligging top .....	36
4.4	Laag S1.1 (Duinveen) .....	36
4.4.1	Dikte.....	36
4.4.2	Diepteligging top .....	37
5	Synthese .....	40
6	Literatuuroverzicht .....	41

CONCEPT

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

PWN is bezig om een grondwatermodel op te zetten in MODFLOW 6 dat aangestuurd wordt vanuit Python. In het verleden werd de grondwatermodellering uitgevoerd met behulp van het programma Triwaco. Dit programma maakt gebruik van GIS bestanden met informatie over de bodemlagen om de dikte en verbreiding van de modellagen te bepalen. Deze GIS bestanden worden momenteel ook gebruikt voor het nieuwe MODFLOW 6 model. De bestanden stammen uit twee bronnen. Voor het Noord-Hollands Duinreservaat Zuid (NHDZ) zijn dit de kaarten van Koster (1997). Deze zijn indertijd speciaal ten behoeven van de grondwatermodellering vervaardigd en zijn gebaseerd op de interpretatie van de boorgegevens in Dawaco. Voor het gebied rondom Bergen wordt gebruik gemaakt van gegevens die zijn afgeleid uit het rapport van Stuyfzand (1989). De informatie in de GIS bestanden is afgeleid vanuit een drietal figuren uit dat rapport.

PWN wenst inzicht te krijgen in de nauwkeurigheid van beide gegevensbronnen en heeft Edinsi Groundwater gevraagd de dikte- en diepteligging te valideren door deze te vergelijken met de meest recente kennis over de geologie, gegevens van stijghoogteverschillen tussen lagen en weerstanden van de ondergrond zoals die bij de SkyTEM kartering zijn bepaald.

## 1.2 Doelstelling

Het doel van deze opdracht is tweeledig. In de eerste plaats dient de nauwkeurigheid van het lagenmodel te worden beschreven. Daarnaast is het doel een aanzet te geven voor verbetering van het lagenmodel door de twee verschillende sets van GIS bestanden te combineren om zo tot een uniforme dataset te komen die als basis zal dienen van de grondwatermodellering. In eerste instantie is het niet het doel om de geconstateerde onnauwkeurigheden in het lagenmodel te verbeteren en op te nemen in de opgeleverde set van GIS bestanden. Dit is voor een later stadium wel beoogd, waarbij ook gebruik gemaakt zal worden van de kennis van andere deskundigen die de hydrogeologie van het gebied goed kennen.

### 1.3 Werkwijze

Voor deze opdracht is gebruik gemaakt van een aantal gegevensbronnen, te weten:

- De shapefiles met de dikte en diepteligging van de slechtdoorlatende lagen in de Triwaco grondwatermodellen van NHDZ en Bergen,
- De originele GIS bestanden opgeleverd door Koster (1997),
- Boorbeschrijvingen uit de Dawaco database van PWN en van Dinoloket,
- Stijghoogtereeksen uit de Dawaco database van PWN,
- SkyTEM gegevens van de elektrische weerstand van de ondergrond (aangeleverd door Frans Schaars van Artesia Water),
- Boorbeschrijvingen in Dinoloket,
- Hydrogeologische eenheden volgens REGIS II v2.2.2 (2024).

Met opmerkingen [VP1]: Of liever Mensink als aanduiding gebruiken?

Alle kaartweergaves van de gegevens zijn verzameld in een QGIS project. Om de gegevens langs profielen te kunnen weergeven is een set van Python routines geschreven die het mogelijk maakt om de verschillende gegevens langs een opgegeven profiellijn van boornummers te visualiseren. De verschillende gegevenstypes (bijv. boorbeschrijvingen, lagenmodel, SkyTEM weerstanden) kunnen interactief zichtbaar of onzichtbaar worden gemaakt, wat noodzakelijk was om de gegevens op een effectieve manier met elkaar te kunnen vergelijken.

### 1.4 Leeswijzer

Alle kaarten die genoemd worden in dit rapport zijn digitaal zichtbaar in het bestand *pwn\_model\_data.qgz*, hierna aangeduid als “het QGIS bestand”.

## 2 Algemene bevindingen

### 2.1 Putlocaties

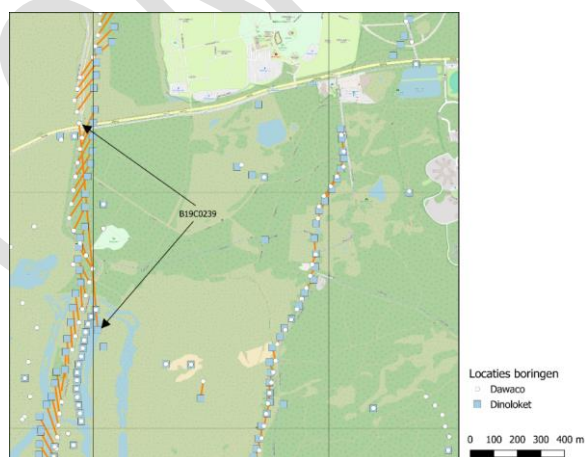
Bij het verwerken van de gegevens viel het op dat er een verschil bestond tussen de locaties van de boringen volgens Dawaco en Dinoloket. Dit kan deels verklaard worden doordat de precieze locaties alleen bij PWN bekend zijn en alleen bij benadering worden doorgegeven aan externe partijen.

Om inzicht te krijgen in de grootte van de verschillen van de coördinaten tussen beide databronnen, zijn met behulp van een Python script de locaties van de boringen in Dawaco en Dinoloket aan elkaar gekoppeld. Om precies te zijn: de Dinoloket codes uit de kolom *RGD* in het bestand *Zoeklijst Dawaco-TNO-RGD codes.xlsx* (aangeleverd door Coby Koning op 24 april 2024) zijn gebruikt om de coördinaten volgens Dinoloket op te zoeken. Voor elke code is in een shapefile een lijn opgeslagen die de locaties volgens Dawaco en Dinoloket met elkaar verbindt. Op die manier kunnen opvallende verschillen makkelijker worden opgespoord door de lijnen op de locatiekaart te tekenen.

De naam van de shapefile is *zoeklijst\_dawaco-TNO-RGD\_codes\_In.shp* en is opgenomen in de groep *meetpunten* van het QGIS bestand. Het Python script waarmee de shapefile is vervaardigd heet *put\_metadata\_connect\_to\_dinoloket\_locations.py*.

De meeste locaties komen overeen al kunnen er verschillen tot wel 200 m optreden. Dit is met name het geval rond het infiltratiegebied bij Castricum (Figuur 1). Ook is te zien dat niet alle boringen uit Dinoloket in Dawaco zitten, of andersom. In twee gevallen is er duidelijk sprake van een foutieve registratie:

- boring B19C0239 (aangegeven met pijlen in Figuur 1),
- B19C0806 (niet weergegeven in Figuur 1), volgens Dinoloket ligt deze boring 3337 m zuidelijker dan volgens Dawaco.



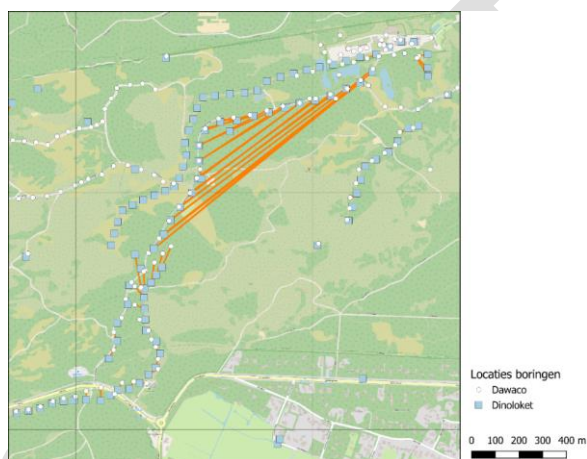
Figuur 1 Verschillen in locatie tussen boringen volgens Dawaco en Dinoloket ten noorden van ICAS. Punten met dezelfde Dinoloketcode zijn verbonden met een oranje lijn.



Ten westen van Bergen (Figuur 2) lijkt sprake van een systematische omkering van de coördinaten: de oranje lijnen verbinden de verst uit elkaar gelegen punten van de streng van boringen langs de Uilenvangersweg. Ook valt op dat ten noorden van deze weg meer dan 30 boringen uit Dinoloket liggen die niet gekoppeld zijn aan boringen in Dawaco.

De positie van 19CNW152 (westelijk startpunt van profiel D-D') wijkt af van positie zoals aangegeven in de overzichtskaart op pagina 78 in Koster (1997). Deze laatste komt juist wel weer overeen met de Dinoloket coördinaten. De luchtfoto geeft geen uitsluitsel: Op de positie volgens Dinoloket is de schaduw van strandpaal 42 te zien, op de positie volgens Dawaco is een open plek in het duin maar een peilbuisafwerking is op beide plaatsen niet te herkennen.

Met opmerkingen [VP2]: Check nog even met DAW geo data



Figuur 2 Verschillen in locatie tussen boringen volgens Dawaco en Dinoloket ten westen van Bergen. Punten met dezelfde Dinoloketcode zijn verbonden met een oranje lijn.

Bij de verdere verwerking van de gegevens is aangenomen dat op plekken waar boringen uit zowel de Dawaco database als Dinoloket beschikbaar waren, de locaties zoals geregistreerd in Dawaco de juiste zijn.

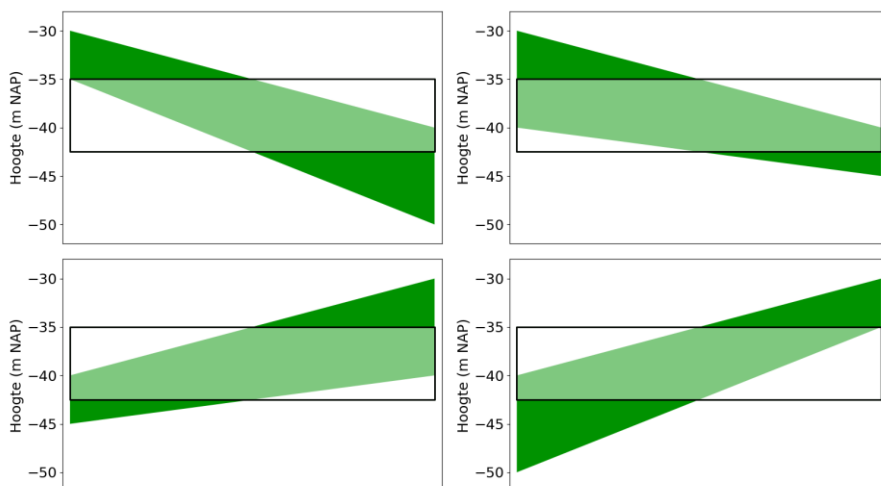
## 2.2 Shapefiles

De informatie over de diepteligging van de slechtdoorlatende lagen is opgeslagen in een set shapefiles die de top (voor het NHDZ model) dan wel de basis (voor het Bergen model, met uitzondering van de Eemklei, zie hieronder) bevat, en een set shapefiles met de dikte.

Voor het NHDZ model zijn de contourkaarten van Koster (1997) gedigitaliseerd als polygonen. Aan elke polygoon is een diepte- of diktewaarde toegekend die het gemiddelde is van het contourinterval uit de legenda's van de kaarten van Koster (1997). De polygoon die aangeeft dat een laag een dikte heeft tussen 5 en 10 m bijvoorbeeld, krijgt in de shapefile een waarde 7,5 m. Hierdoor gaat informatie verloren want het precieze diepteverloop van de laag is niet vast te stellen op basis van de gemiddelde

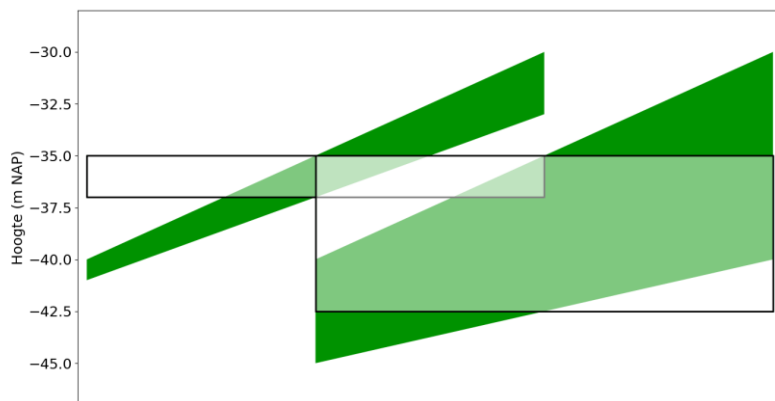


diepte en dikte alleen. De onderstaande schematische weergave (Figuur 3) geeft hiervan een voorbeeld.



*Figuur 3 Voorbeeld van vier mogelijke laagconfiguraties bij een gegeven gemiddelde diepte van -35 m (voor een polygoon voor het interval -30 tot -40 m) en gemiddelde dikte van 7,5 m (interval 5 tot 10 m). De zwart omlijnde rechthoek geeft de ligging van de laag weer bij het gebruik van de gemiddelde waardes.*

Bij het maken van dwarsdoorsneden (en het overbrengen van de laagdieptes en -diktes in het NHFLO model) zorgt het gebruik van de gemiddelde waardes er voor dat lagen (die elkaar opeenvolgen in de diepte) soms overlappen. Ter illustratie is hiervan een voorbeeld gegeven in Figuur 4. In dit voorbeeld hebben beide lagen een gemiddelde diepte van de top van -35 m omdat het gedigitaliseerde polygonen zijn voor het interval -30 tot -40 m. De ene laag heeft een dikte van 2 m (overeenkomend met het interval 1 tot 3 m), de andere 7,5 (interval 5 tot 10 m). Bij het gebruik van deze gemiddelde waardes overlappen de lagen gedeeltelijk, maar de groene vlakken tonen de waarschijnlijke (maar niet de enige mogelijke!) ligging van de lagen waarbij ook rekening is gehouden met de geldende grenzen van de diepte- en dikte intervallen.



*Figuur 4 Voorbeeld van een situatie waarbij lagen blijken te overlappen wanneer alleen gebruik wordt gemaakt van de gemiddelde diepte en dikte (zwart omliggende rechthoeken) toegekend aan de polygonen in de shapefile. De waarschijnlijke ligging van de lagen is weergegeven als groene vlakken. Merk op dat de dikte van de lagen ook een ander verloop zou kunnen hebben, hier is ter illustratie slechts één mogelijke configuratie afgebeeld.*

Het afleiden van de helling van de lagen en het verloop van hun dikte, is op basis van de informatie uit de shapefiles in hun huidige vorm niet eenvoudig. De meeste polygonen worden begrensd door één (indien ze geheel omsloten zijn door één polygoon) of twee andere polygonen. Om de veranderingsrichting te bepalen moet dus bekend zijn welke delen van de polygoonometrek samenvallen met welke andere polygoon en welke diepte/dikte die heeft.

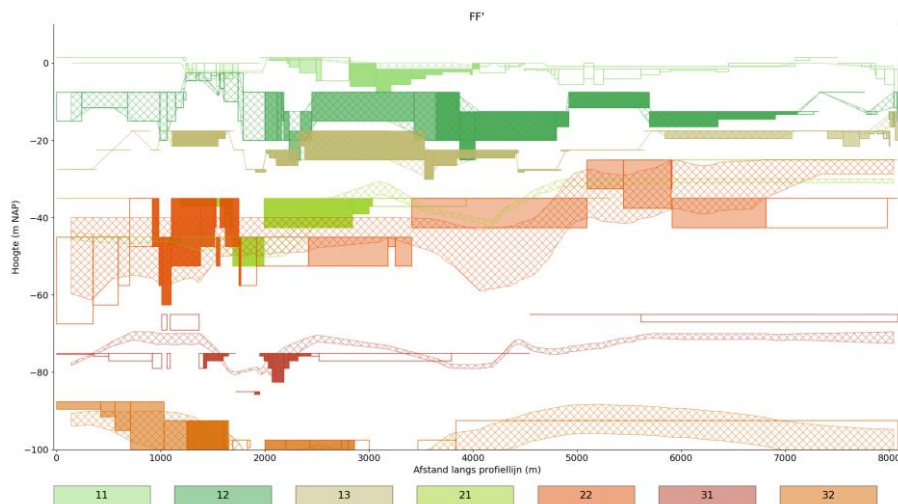
Wat betreft het toekennen van één getal aan de polygonen voor de diepte- en dikte kan verder nog worden opgemerkt dat een deel van de polygonen in Koster (1997) een groter- of kleiner dan waarde aangeeft (bijvoorbeeld een diepte < -2,5 m NAP of een dikte > 7,5 m voor laag S1.1). In dergelijke gevallen hebben de bijbehorende polygonen in de shapefiles een waarde toegekend gekregen die hierbij in de buurt ligt. Voor bovengenoemde diepte en dikte zijn dit respectievelijk -3,75 m NAP en 7,75 m. Zonder de werkelijke boven- of ondergrenzen te kennen, leidt het overnemen van deze waarden tot ongewenste onnauwkeurigheden.

### 2.3 Vergelijking met Triwaco model

In het licht van het bovenstaande is het interessant de laagopbouw volgens Koster te vergelijken met die in het bestaande Triwaco model. Als voorbeeld is het verloop van de slechtdoorlatende lagen langs profiel F-F' afgebeeld in Figuur 5. De lagen uit de shapefiles zijn getekend als rechthoeken, startend op een bepaalde gemiddelde diepte en met een gemiddelde dikte. De lagen S1.1 t/m S1.3 zijn volgens de ontledingstabel op dezelfde manier in het Triwaco grondwatermodel verwerkt. Voor laag S1.2 en S1.3 lijkt dit inderdaad te kloppen, maar laag S1.1 is in het Triwaco model beduidend dunner, en ligt soms hoger, dan volgens de informatie uit de shapefiles.

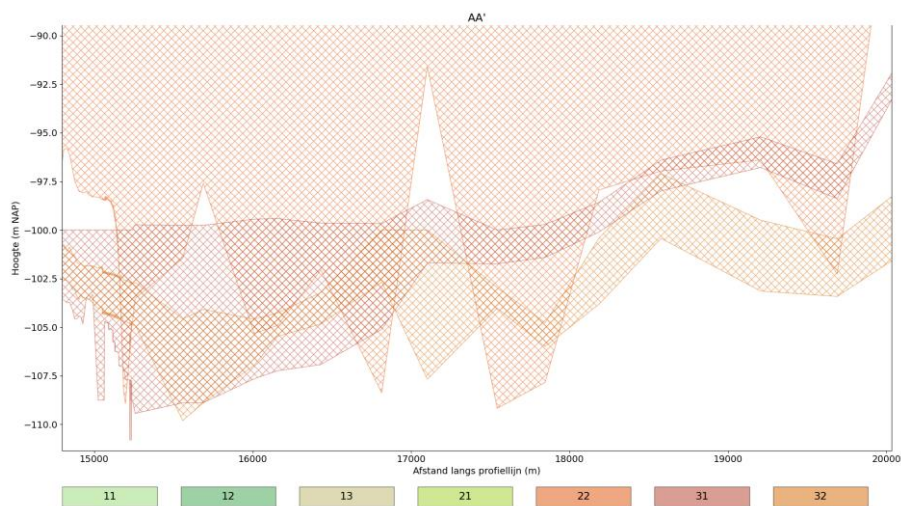
Voor de lagen S2.1 t/m S3.2 geldt dat ze in het Triwaco model zijn opgenomen met behulp van inverse distance interpolatie. Dat is duidelijk te zien aan het vloeiender verloop van de ze lagen langs het

profiel. De gegevens over de lagen in het Triwaco model zijn afkomstig uit het bestand *grid.teo* in de folder *BasisbestandenNHDZmodelPWN\_CvG\_20181022*.



*Figuur 5 Vergelijking tussen de diepte- en dikte informatie van de slechtdoorlatende lagen langs profiel F-F'. De omliggende rechthoeken zijn getekend met de gemiddelde diepte en dikte volgens de shapefiles van Koster (1997). De lagen uit het NHDZ Triwaco model zijn in dezelfde kleur getekend als lagen met een kruispatroon.*

Wat opvalt is dat Triwaco modellagen overlappen. In profiel F-F' is dit het duidelijkst voor laag S2.1, die boven laag S2.2 zou moeten liggen, maar met uitzondering van het centrale deel van het profiel is dit niet het geval (Figuur 5). Ook in andere profielen is het overlappen van lagen duidelijk zichtbaar, zoals Figuur 6 aantoont.



Figuur 6 Detail uit profiel A-A' waarin het overlappen van slechtdoorlatende lagen in het Triwaco NHDZ model duidelijk zichtbaar is.

## 3 Model NHDZ

### 3.1 Kaarten

De inhoud van de shapefiles die gebruikt zijn voor het NHDZ grondwatermodel is weergegeven in de kaarten in Figuur 7 tot en met Figuur 13. Naast de polygonen zijn hierin ook de locaties van de boringen getoond waar Koster (1997) de diepteligging en de dikte mee heeft bepaald. Omdat er meer ondiepe boringen zijn dan diepere neemt het aantal waarnemingspunten af naarmate de lagen dieper liggen. Zo waren voor laag S1.1 595 boringen beschikbaar, terwijl voor laag S3.2 72 punten gebruikt konden worden om de diepte- en diktecontouren te tekenen. De punten geven daarmee een indruk van de nauwkeurigheid van de kaarten.

De kaarten laten ook zien dat de top van de slechtdoorlatende lagen altijd vlakdekkend is weergegeven, ook in de gebieden waar de laag niet voorkomt. Deze gebieden komen overeen met de polygonen waaraan een dikte van 1 cm is toegekend in de shapefiles. In Figuur 7 tot en met Figuur 13 zijn deze niet weergegeven omdat daarmee duidelijker zichtbaar wordt waar een laag al dan niet voorkomt.

De shapefiles voor de diepteligging bevatten ook polygonen ten westen van de kustlijn. Deze zijn in het verleden doorgetrokken ten opzichte van de kaarten van Koster (1997) omdat het Triwaco model deels onder de Noordzeebodem is gelegen. Wat echter opvalt is dat de diktecontouren voor S1.1, S1.3 en S3.2 niet helemaal tot aan de westelijke grens van het Triwaco model zijn doorgetrokken, wat zou suggereren dat deze lagen onder de zeebodem niet voorkomen. Of dit werkelijk zo is en welke consequenties deze aanname voor het grondwatermodel heeft, dient nader onderzocht te worden.

In het zuidelijk deel van het gebied bevat een groot deel van de shapefiles naast de polygonen van Koster (1997) ook andere polygonen. De herkomst van deze informatie is niet duidelijk. Opvallend is dat de polygonen niet goed aansluiten op de contouren van Koster (1997) zodat er soms grote sprongen in diepteligging of dikte ontstaan. Ook zijn de polygonen niet op een eenduidige manier tot stand gekomen. Zo hebben de polygonen voor de diepteligging van S1.3 de vorm van Thiessen polygonen (Figuur 11), terwijl dit in andere bestanden niet zo is.

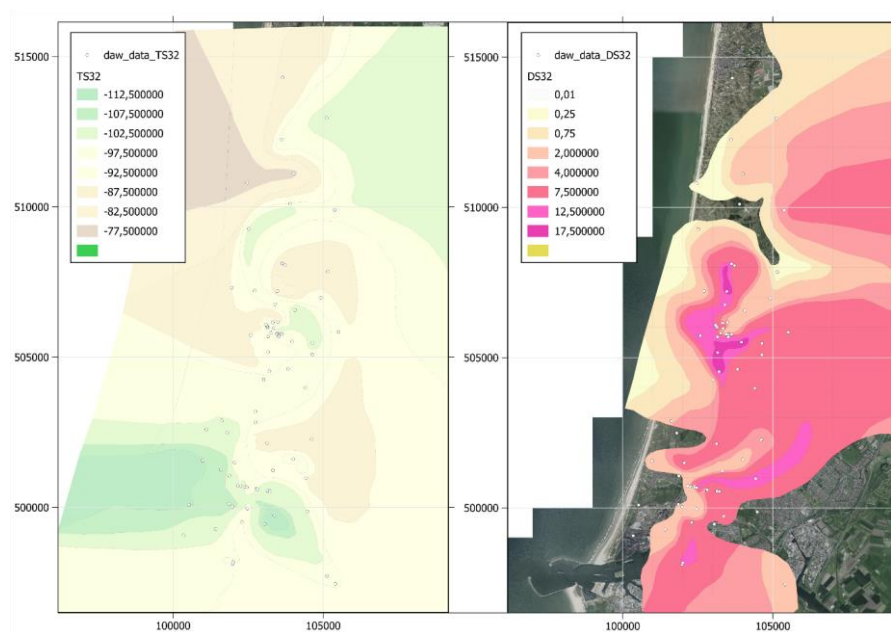
Voor laag S2.2 zijn in het zuidelijk deel polygonen toegevoegd die afwijken van de kaart van Koster (1997) (Figuur 9). Hier heeft duidelijk een herinterpretatie plaatsgevonden want daar waar de originele kaart van Koster (1997) aangeeft dat de laag ontbreekt, zijn nieuwe contouren getrokken die de omtrek volgen van de polygonen die zuidelijk liggen van de kaart van Koster (1997).

Tenslotte vallen een aantal kleinere zaken op:

- Voor laag S1.2 komt bij IKEF een polygoon voor die een diepteligging van -5 m NAP aanduidt (Figuur 12). Deze is niet afkomstig van Koster (1997), mogelijk is deze bij een eerdere kalibratie van het grondwatermodel toegevoegd.
- In de polygonen voor de diktes van S32 zijn de kilometerhokken van het RD coördinatenstelsel duidelijk herkenbaar (Figuur 7). Opvallend genoeg bevatten de originele GIS bestanden van Koster (1997) deze lijnen ook.
- De 0,01 m polygon in DS21.shp is onnauwkeurig: hij bevat soms gaten of overlapt met andere polygonen.
- De diktecontour 7,5 m in DS22.shp heeft rare vorm en overlapt deels met gebied waar deze laag niet voorkomt.

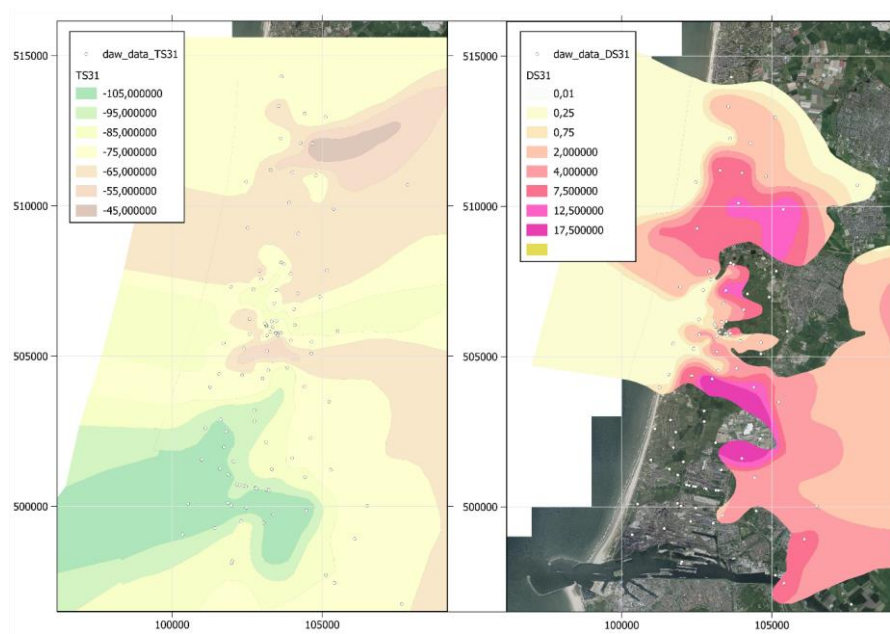
- In het bestand DS11.shp komen dubbele polygonen voor: in het noorden worden twee polygonen (diktes 0,13 en 0,38 m) bedekt door 0,01 m polygonen. Deze laatste zou suggereren dat de laag niet voorkomt volgens Koster (1997).

CONCEPT

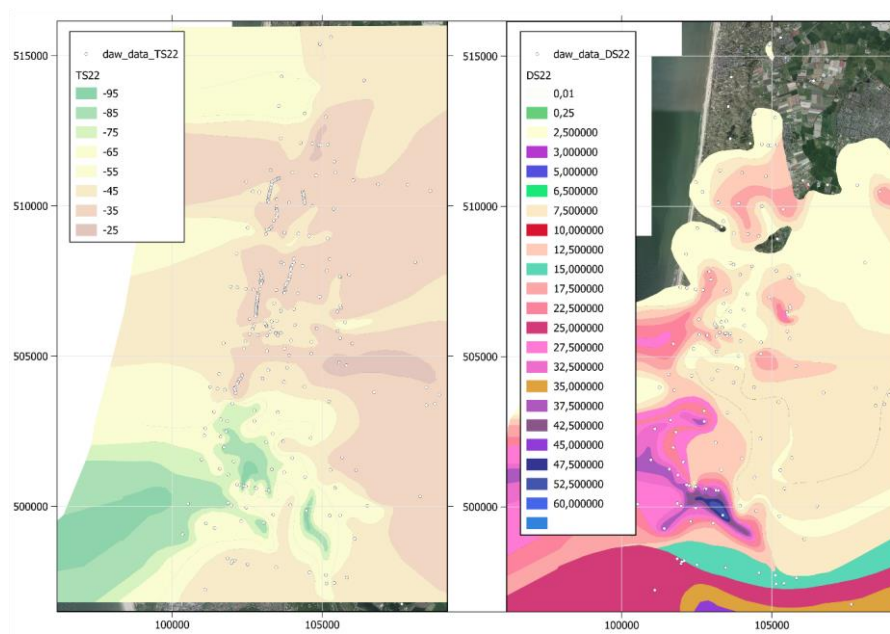


Figuur 7 Diepteligging van de top (links) en dikte (rechts) van laag S3.2 volgens Koster (1997).

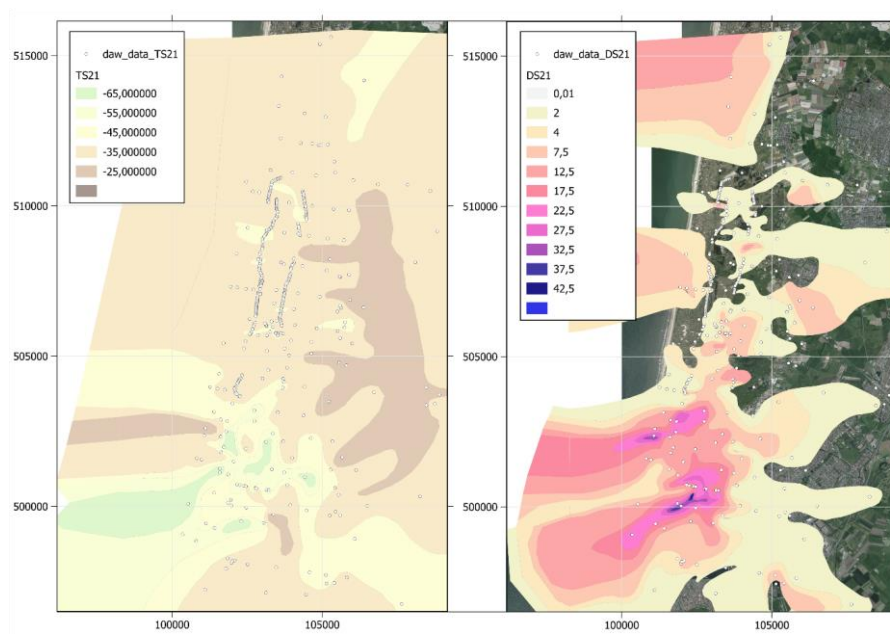




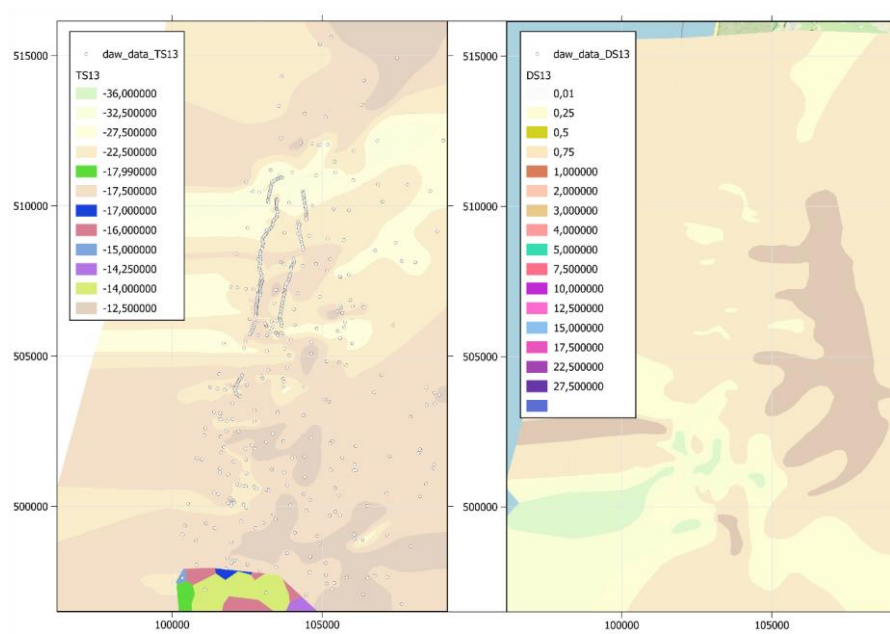
Figuur 8 Diepteligging van de top (links) en dikte (rechts) van laag S3.1 volgens Koster (1997).



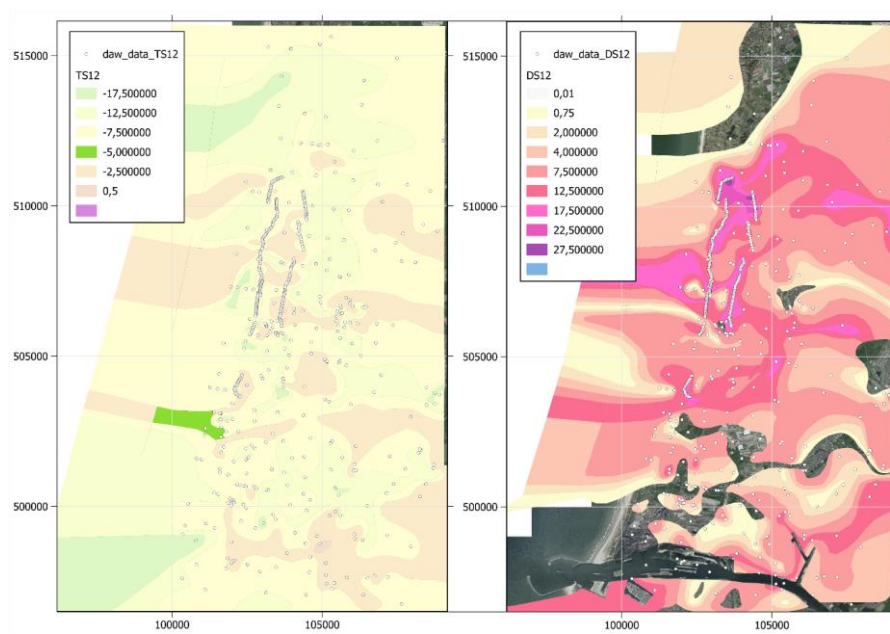
Figuur 9 Diepteligging van de top (links) en dikte (rechts) van laag S2.2 volgens Koster (1997).



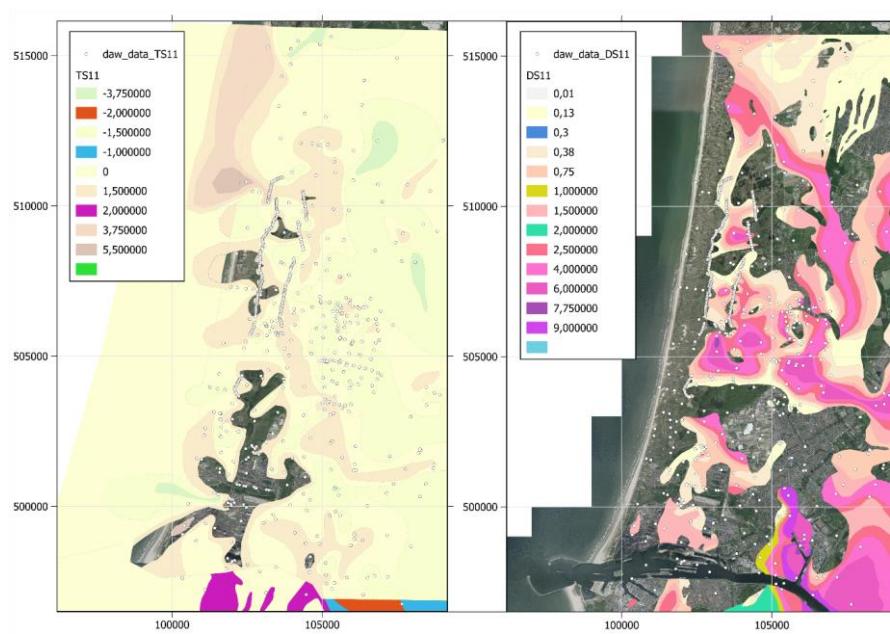
Figuur 10 Diepteligging van de top (links) en dikte (rechts) van laag S2.1 volgens Koster (1997).



Figuur 11 Diepteligging van de top (links) en dikte (rechts) van laag S1.3 volgens Koster (1997).



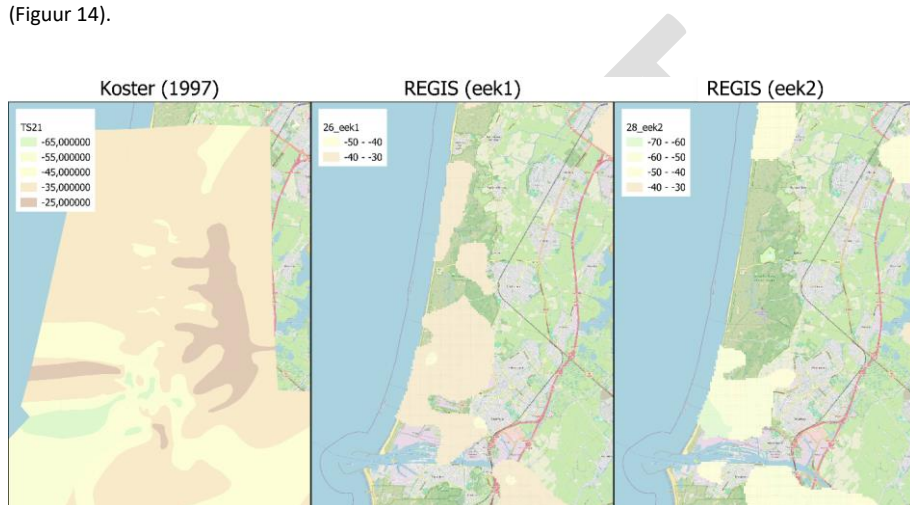
Figuur 12 Diepteligging van de top (links) en dikte (rechts) van laag S1.2 volgens Koster (1997).



Figuur 13 Diepteligging van de top (links) en dikte (rechts) van laag S1.1 volgens Koster (1997).

### 3.1.1 Vergelijking met REGIS

Voor sommige lagen die Koster (1997) heeft onderscheiden is het mogelijk een vergelijking te maken met de informatie in REGIS. Als voorbeeld is de bovenkant van de Eem klei weergegeven in Figuur 14. Hierbij moet bedacht worden dat de top van de laag volgens Koster (1997) ook gekarteerd is waar de dikte van de slechtdoorlatende laag zo gering is dat deze niet in het model is opgenomen. Om de verbreiding volgens REGIS en Koster (1997) te vergelijken is het daarom noodzaak ook te kijken naar de diktekaart (Figuur 10). Hierbij valt het op dat er grote verschillen bestaan qua verbreiding. Ook worden in REGIS twee kleilagen onderscheiden, terwijl Koster (1997) slechts één eenheid beschouwd (Figuur 14).



Figuur 14 Vergelijking tussen de diepteligging van de top van de Eem klei (laag S2.1) volgens Koster (1997) en REGIS (eek1 en eek2).

## 3.2 Profielen

### 3.2.1 Algemene opmerkingen

In de profielen zoals getekend in Koster (1997) liggen boringen soms verder uit elkaar dan in werkelijkheid. Bovendien is bij het inscannen van de figuren op papier vervorming en rotatie opgetreden. De vergelijking met de informatie uit de shapefiles is daarom wat lastig.

Bij het inkleuren van de lagen uit de shapefiles is de zogenaamde alfa waarde (die de doorzichtigheid bepaalt) gebruikt om de verticale weerstand van de laag aan te duiden. Lagen met een hoge weerstand krijgen hierdoor een donkerder kleur (en zijn minder doorzichtig) dan lagen met een lage weerstand. Als een laag niet is ingekleurd (alleen de omlijning is getoond) dan betekent dat dat deze een weerstand heeft die gelijk is aan de standaardwaarde in de ontledingstabel van het Triwaco model. Voor alle slechtdoorlatende lagen is dit 10 dagen.

Voor alle boringen langs het profiel zijn de tijd-stijghoogte lijnen getekend. Per boring zijn de filters op verschillende dieptes in één grafiek getekend zodat het verschil in stijghoogte met de diepte visueel duidelijk wordt. Wanneer een duidelijk stijghoogteverschil (enkele decimeters of meer) kan worden



waargenomen tussen twee filters, dan is het diepste filter rood gekleurd in het profiel. Het stijghoogteverschil is een aanwijzing dat er een laag met een aanzienlijke hydraulische weerstand voorkomt tussen de filters.

In het oostelijke deel van het gebied reiken de boringen minder diep en zijn nauwelijks stijghoogtegegevens voorhanden. Dat betekent dat de geïnterpreteerde ligging van de diepere pakketten (dieper dan -40 m NAP) onzeker is en dat het niet mogelijk is om de aanwezigheid van weerstandsbiedende lagen vast te stellen op basis van stijghoogteverschillen.

### 3.2.2 Profiel F-F'

De vergelijking tussen de diktes van de klei- en leemlagen in de boorprofielen met de diktes van lagen S1.1 t/m S1.3 toont opvallende verschillen: de waargenomen diktes in de boringen zijn doorgaans veel geringer dan de geïnterpreteerde diktes (Figuur 15). Soms is zelfs een dik slechtdoorlatend pakket verondersteld terwijl de boorbeschrijving grof zand als hoofdbestanddeel aangeeft. De veronderstelde aanwezigheid van laag S1.2 in de meest westelijke boringen 19CZW100 en 19CZ645 vormen hiervan een goed voorbeeld. De bovenste dertig meter bestaan vrijwel uitsluitend uit zand en grof zand en de stijghoogteverschillen tussen de twee ondiepste peilbuisfilters zijn klein. Lagen met een hoge weerstand worden op grond hiervan daarom niet verwacht maar laag S1.2 heeft hier toch een aanzienlijke dikte (7,5 m ter plaatse van de genoemde boringen). Deze laag krijgt een weerstand van 47 dagen in het Triwaco model, wat overeenkomt met een verticale doorlatendheid van 0,16 m/d.

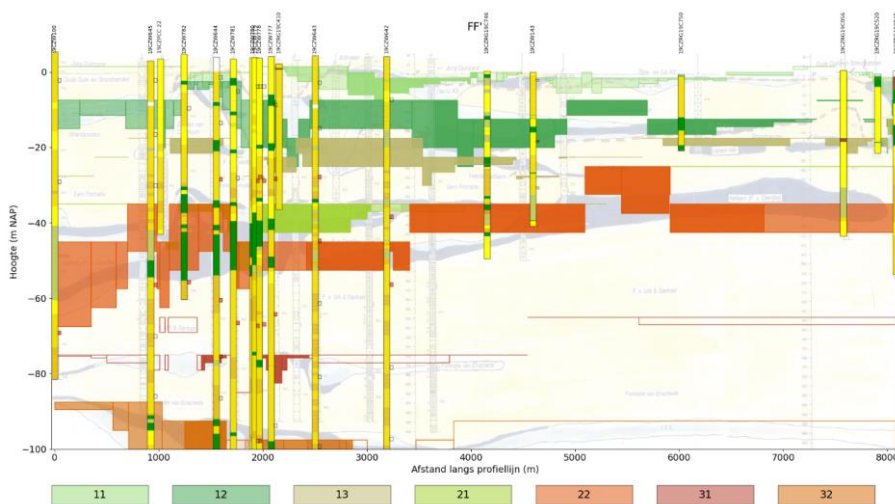
Ook voor boring 19CZW643 geldt dat het geringe stijghoogteverschil tussen de twee ondiepste peilbuisfilters en het aangetroffen materiaal (zand), geen aanleiding geeft tot het veronderstellen van de aanwezigheid van S1.2. Toch heeft deze laag hier een dikte van 7,5 m dikte en een weerstand van 430 dagen, en dus een verticale doorlatendheid van slechts 0,02 m/d.

De peilbuisfilters onder laag S1.3 laten allemaal een significant stijghoogteverschil met het bovengelegen peilbuisfilter zien, wat consistent is met het voorkomen van een slechtdoorlatende laag. Voor de boringen 19CZW780, 19CZW779, , 19CZW778 en 19CZW777 geldt wel dat tussen de twee peilbuisfilters ook laag S1.2 voor kan komen. Op grond van de gegevens kan dus niet worden bepaald in welke mate elk van de twee lagen bijdraagt aan het stijghoogteverschil.

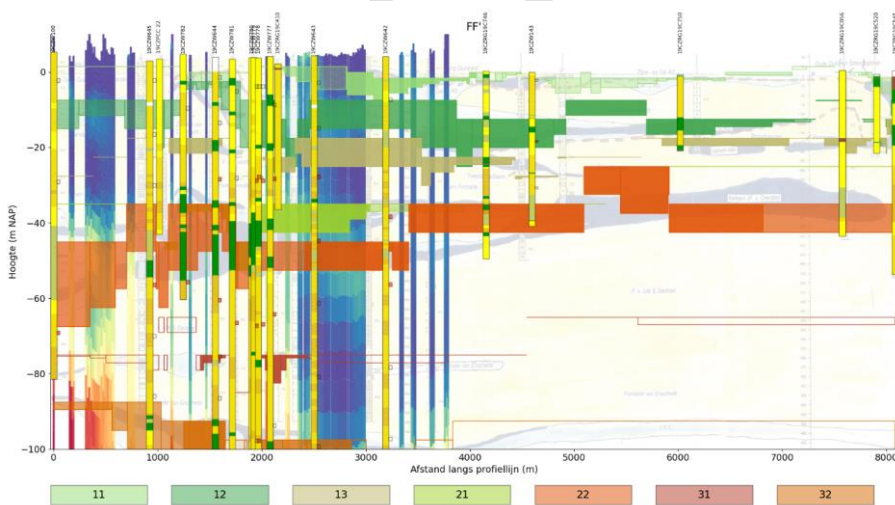
Dezelfde redenering geldt voor de filters gelegen onder S2.2. Deze vertonen allemaal een verschil in stijghoogte met het bovengelegen peilbuisfilter maar dit wordt ook deels bepaald door het voorkomen van S2.1 in een aantal boringen.

Voor boring 19CZW644 valt op dat de beschrijving in Dinoloket veel minder kleilagen aangeeft dan de beschrijving in Dawaco. Voor 19CZW644 is het stijghoogteverschil tussen de filters in W1.1 en W1.3 is klein (Figuur 15) maar tussen 1.3 en 2.1 is wel een duidelijk verschil zichtbaar. De Velsen-klei lijkt hier dus toch wel aanwezig te zijn, ondanks wat de boorbeschrijving in Dinoloket aangeeft.

Figuur 15 laat ook zien dat shapefiles TS21 en TS22 zelfde diepte van de bovenkant tussen 19CZW642 en 19CZRG19C746 bevatten (de oranje laag ligt hier over de groene heen).



Figuur 15

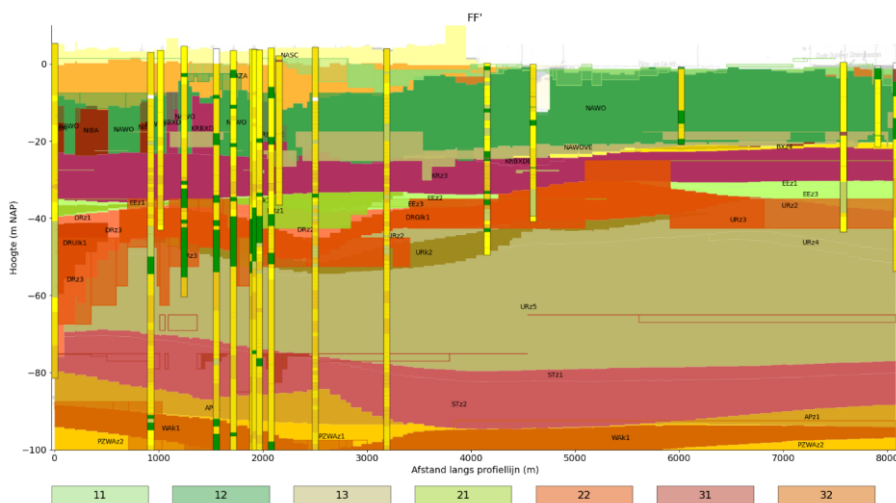


Figuur 16

De diepeligging van S2.2 tussen 980 en 1100 m profielafstand wijkt duidelijk af van de REGIS interpretatie (Figuur 17). Dit komt omdat de profiellijn in dit interval net een de grens tussen twee polygonen kruist, te weten -35 en -45 m NAP. Het is dus waarschijnlijker dat de top van S2.2 op ongeveer -40 m NAP ligt. Dit is een voorbeeld van de eerder besproken problemen die ontstaan bij

het gebruik van de gemiddelde waarden van de contourgrenzen uit Koster (1997). De sprong in diepte van de onderliggende laag S3.1 van -75 naar -65 m NAP is op dezelfde manier te verklaren.

Bij de vergelijking met de laagopbouw volgens REGIS (Figuur 17) valt op dat in het westelijk deel in het REGIS lagenmodel geen slechtdoorlatende laag in de Sterksel Formatie aanwezig, terwijl uit de boringen blijkt dat hier wel leem en klei zijn aangetroffen. De door Koster (1997) veronderstelde aanwezigheid van S3.1 lijkt hier dus beter bij de waarnemingen te passen dan het REGIS lagenmodel.



Figuur 17

#### Nog verwerken:

C12AREA extreem hoge weerstand (37800 dagen) van klein vlakje ten westen van Castricum

S12 als 17,5 m dikke laag gekarteerd bij 19CNPCS 10 maar dit klopt niet met de boring.

Profiel GG: dikke kleilaag bij 19CZW718 maar nauwelijks stijghoogteverschil tussen filters 2 en 3. Afname van stijghoogtes in de diepte door dichtheidsverschillen?

### 3.3 Model Bergen

De dieptes en diktes van de slechtdoorlatende lagen van het Bergen model zijn opgeslagen in shapefiles met codes die eindigen op 1A, 1B, etc. De informatie in de shapefiles is ontleend aan het rapport van Stuyfzand (1989) maar wat verwarring wekt is dat de bestandsnamen wel lijken op, maar niet één-op-één corresponderen met de codes voor de lagen die in dat rapport worden gebruikt. De tabel hieronder geeft aan welke bestanden informatie bevatten over welke lagen.

Tabel 1 Overzicht van de verdeling van de lagen onderscheiden door Stuyfzand (1989) over de verschillende shapefiles van het Bergen model.

Shapefile code	SDP's <sup>1</sup>	Omschrijving
1A	1A 1B	Duinveen voor zover aaneengesloten en dikker dan 0,2 m Ondiep liggende Duinkerken-I-klei
1B	1F	Veen en kleiige wadafzettingen, ouder dan Duinkerken-I en jonger dan Calais-II
1C	1E 1G 1H	Klei van Bergen Zand met veel kleibrokjes (Calais-II) op laag v. Velsen op basisveen Zandige klei behorend tot de Formatie van Twente
1D	1E 1G 1H onbekend	Klei van Bergen (alleen diepte basis) Zand met veel kleibrokjes (Calais-II) op laag v. Velsen op basisveen Zandige klei behorend tot de Formatie van Twente
2/q2 <sup>2</sup>	2A	Eem klei

<sup>1</sup>Codes volgens Stuyfzand, 1989

<sup>2</sup>Verskillende codes gebruikt voor shapefiles dikte/basis

Zoals uit de tabel valt op te maken komen binnen één shapefile polygonen voor voor meerdere slechtdoorlatende lagen (met uitzondering van de Eemklei). In het geval van de shapefiles met codes 1C en 1D komen de polygonen voor dezelfde slechtdoorlatende lagen voor in twee verschillende bestanden. Per bestand worden de details hieronder beschreven.

### 3.3.1 1A

De polygonen in de shapefiles met de diepte van de basis (BA1A.shp) en de dikte (DI1A.shp) zijn herkenbaar in figuur 3.3 van Stuyfzand (1989), hierna figuur 3.3 genoemd.

De shapefile met de diepte van de basis (BA1A.shp) bevat drie polygonen (zie Figuur 18). De omtrek van de grootste daarvan is gebaseerd op de landwaartse limiet van Jong Duinzand met dikte  $\geq 2$  m in figuur 3.3. De polygoon is daarmee niet representatief voor het voorkomen van een slechtdoorlatende laag. Binnen deze polygoon bevinden zich twee kleinere polygonen waarbinnen zich (volgens de legenda van figuur 3.3) veen tussen 2 en 2,2 m NAP bevindt.

De polygonen in de shapefile met de dikte van de basis (DI1A.shp) vallen deels buiten de polygonen in de shapefile met de diepte (zie Figuur 18). De diepte van de basis daar dus niet bekend vanuit een shapefile en dus zal de informatie uit de shapefile niet worden gebruikt bij het opbouwen van het grondwatermodel. Veel van de polygonen hebben bovendien een dikte van nul. De legenda-eenheden uit figuur 3.3 die aanwezig zijn als polygoon met dikte groter dan nul, zijn:

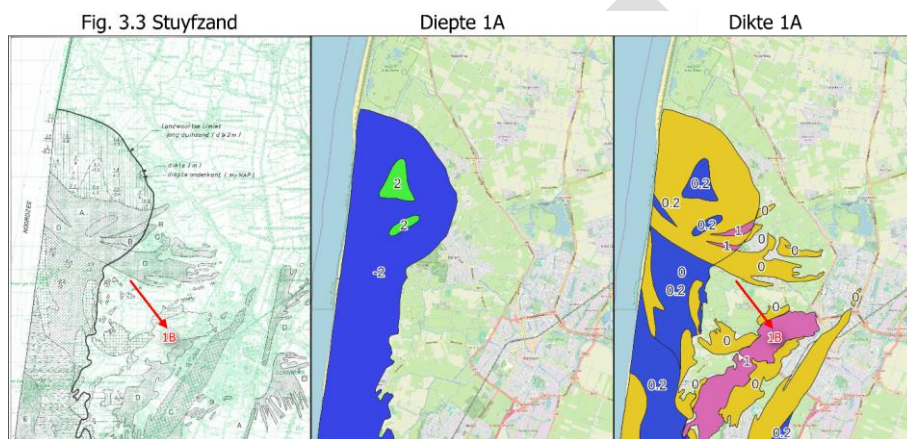
1. Veen, overstoven door oud en/of jong duinzand; SDP 1A
2. Onregelmatige veen-afzettingen, bedekt met duinzand
3. Veen tussen 2 en 2,2 m NAP bedekt door duinzand; SDP 1A

#### 4. DI- afzettingen (Duinkerke-I), in het algemeen bedekt door jongere; SDP 1B

Wat de laatstgenoemde eenheid betreft geldt dat omdat SDP 1B wel in de shapefile met diktes is opgenomen, maar niet in de shapefile met de dieptes, deze niet als aparte laag in het grondwatermodel zal worden overgenomen.

Aan de veenafzettingen is een dikte van 0,2 m toegekend, op twee smalle stukjes ten noordwesten van Bergen na waarvan de dikte 1 m is. Onduidelijk is waar dat laatste op is gebaseerd.

Overigens overlappen de twee grootste donkerblauwe polygoenen met dikte 0,2 m met de grootste donkergele polygoon met dikte 0 m in het westelijke deel van de diktekaart in Figuur 18. Afhankelijk van de volgorde waarin de polygoenen voorkomen, kan het dus zijn dat de laag als afwezig wordt beschouwd of een dikte van 0,2 m toegewezen krijgt bij het overzetten van de gegevens in het grondwatermodel middels een Python script.

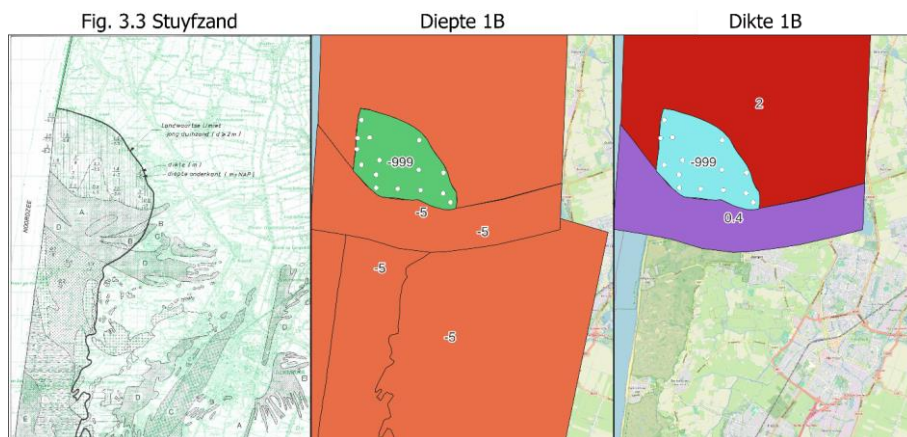


Figuur 18 Vergelijking tussen figuur 3.3 uit Stuyfzand (1989) en de polygoenen in de diepte- en diktebestanden (shapefiles BA1A en DI1A) van het Bergen-model.

##### 3.3.2 1B

De polygoenen in de shapefile met de diepte van de basis (BA1B\_pol.shp) hebben een ietwat vreemde vorm en overlappen ten dele (Figuur 19). Op één na hebben alle polygoenen een diepte van -5 m NAP. Op één uitzondering na is uit figuur 3.3 niet herleidbaar tot welke eenheid deze polygoenen behoren. De uitzondering is de polygoon in het noordelijkste deel van de Schoorlse Duinen die een waarde van -999 heeft, wat aangeeft dat de dieptes geïnterpoleerd dienen te worden met behulp van de punten in het bestand BA1B\_point.shp. Dit betreft de legenda eenheid "Calais-klei+veen bedekt met duinzand; SDP 1F" in figuur 3.3. De dieptes die aan de punten zijn toegekend zijn overgenomen uit figuur 3.3 en variëren van -8,2 tot -3 m NAP.

Twee van de drie polygoenen in de shapefile met de dikte (DI1B\_pol.shp) hebben waardes van respectievelijk 0,4 en 2 m, waarbij het onduidelijk is waarom hiervoor is gekozen. Net als voor de diepte is uit figuur 3.3 is niet herleidbaar tot welke eenheid deze polygoenen behoren. De puntwaardes in DI1B\_point.shp, bestemd voor interpolatie van de dikte van SDP 1F binnen de polygoon met dikte -999, variëren van 0,3 tot 3,6 m.



Figuur 19 Vergelijking tussen figuur 3.3 uit Stuyfzand (1989) en de polygonen in de diepte- en diktebestanden (shapefiles BA1B en DI1B) van het Bergen-model.

### 3.3.3 1C

De polygonen in de shapefile BA1C\_pol.shp (Figuur 20) hebben voor het grootste deel de waarde -999 wat betekent dat de diepte dient te worden geïnterpoleerd volgens de puntwaardes in figuur 3.4 in Stuyfzand (1989). In het noordwesten gaat het om SDP 1H en in het zuiden en in het oosten gaat het om SDP 1D en 1E.

De puntwaardes voor de interpolatie binnen de polygoon voor SDP 1H in het noordwesten corresponderen met het eerste (ondiepste) van de twee diepteliggingen die Stuyfzand (1989) in zijn figuur 3.4 weergeeft. Zoals te zien is in figuur 1.2 van Stuyfzand (1989) komen hier onder de basis van het Holocene pakket twee slechtdoorlatende lagen voor. De dieper gelegen laag behoort tot de Eem formatie, de ondiepere laag tot de Formatie van Twente. De waardes voor de diepere laag zijn opgenomen als puntwaardes in de shapefile BA1D\_point.shp (zie paragraaf 3.3.4). Voor de ondiepere laag zijn de waardes opgenomen in BA1C\_point.shp.

Verder bevat de shapefile drie polygonen voor SDP 1G + 1H (in het noordwesten), waarbij het opvalt dat de dieptes niet exact overeenkomen met de dieptes zoals afgebeeld in figuur 3.4.

Een polygoon in het uiterste zuiden heeft een diepte basis van -35 m NAP die samenvalt met de verbreiding van SDP 1D. Het is niet duidelijk waarom deze dikte is aangehouden en niet gebruik wordt gemaakt van de puntwaardes in figuur 3.4 van Stuyfzand (1989), die een ondiepere ligging van de basis aanduiden (tussen de -31 en -19 m NAP).

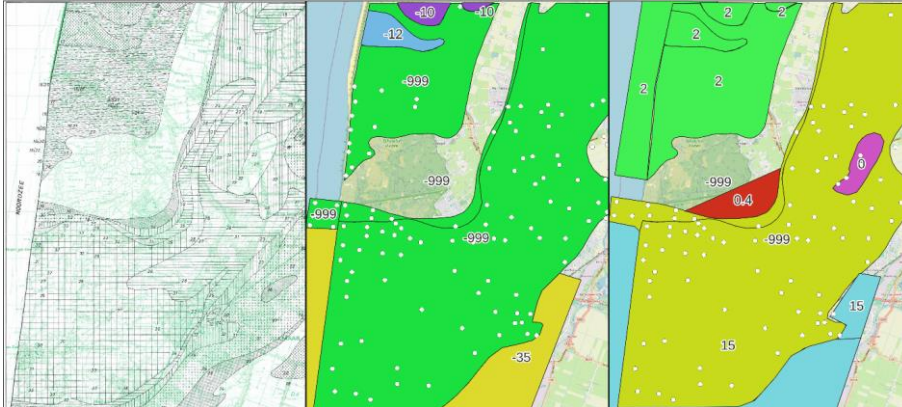
Voor de diktes van SDP 1E geldt dat deze moeten worden geïnterpoleerd op basis van de punten in DI1C\_point.shp. De diktes die zijn toegekend aan de punten zijn de gemiddeldes van de dikteintervallen in de legenda van figuur 3.4. Ten noorden van Bergen ligt een polygoon met een dikte-waarde van 0,4 m (rood gekleurd in Figuur 20), maar deze is niet herleidbaar tot Stuyfzand's figuur 3.4, en er is ook geen polygoon voor de diepte op deze locatie. De diepte van de polygonen van SDP 1G en SDP 1H in het noordwesten is op 2 meter gesteld, het is niet duidelijk waarom; mogelijk is dit geschat op basis van het dwarsdoorsnede-profiel in figuur 3.1 in Stuyfzand (1989).



Fig. 3.4 Stuyfzand

Diepte 1C

Dikte 1C



Figuur 20 Vergelijking tussen figuur 3.4 uit Stuyfzand (1989) en de polygonen in de diepte- en diktebestanden (shapefiles BA1C en DI1C) van het Bergen-model.

### 3.3.4 1D

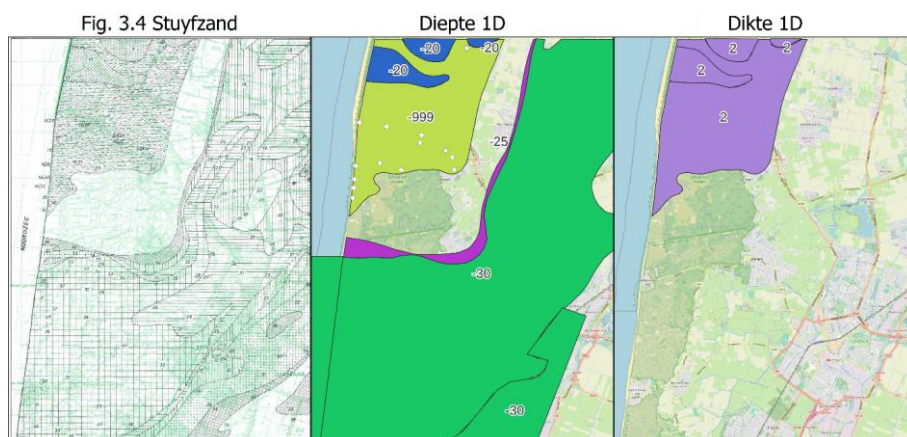
De shapefile BA1D\_pol.shp bevat zo goed als dezelfde polygonen als shapefile BA1C\_pol.shp. Er is één polygoon met de waarde -999 die de punten uit shapefile BA1D\_point.shp omsluit. De dieptewaardes in dit bestand komen overeen met de tweede waarde die in figuur 3.4 is getoond. Welke eenheid dit betreft valt niet goed op te maken uit Stuyfzand (1989). De weergegeven dieptes komen overeen met de diepteligging van de basis van de lichtgrijze eenheid, gelegen nabij de boringen B19A0008 en B14C0001 onder SDP 1H, in de dwarsprofielen in figuur 1.2 en 3.1 van Stuyfzand (1989). In dat geval zou het dus gaan om een slechtdoorlatende laag aan de top van de Eem formatie (zie Stuyfzand's figuur 1.2).

Aan de overige polygonen in BA1D\_pol.shp zijn dieptewaardes toegekend van respectievelijk -20 m NAP in het noordwesten en -25 tot -30 m NAP in het zuidoosten. De ligging van de polygonen volgt de verbreiding van SDP 1D en 1E. Vreemd genoeg echter bevat shapefile BA1C\_point.shp ook waardes voor de diepte van de basis van deze eenheid maar zijn deze deels gelegen onder -30 m NAP. De gegevens volgens BA1D\_pol.shp is dus niet consistent met BA1C\_point.shp.

De shapefile met de diktes (DI1D.shp) bevat alleen polygonen in het noordwestelijke deel die allen een dikte-waarde van 2 m hebben. De inconsistentie beschreven in de vorige alinea heeft dus geen consequentie voor het grondwatermodel omdat de dikte van de slechtdoorlatende laag hier niet bekend is.

Met opmerkingen [VP3]: Checken met Bas



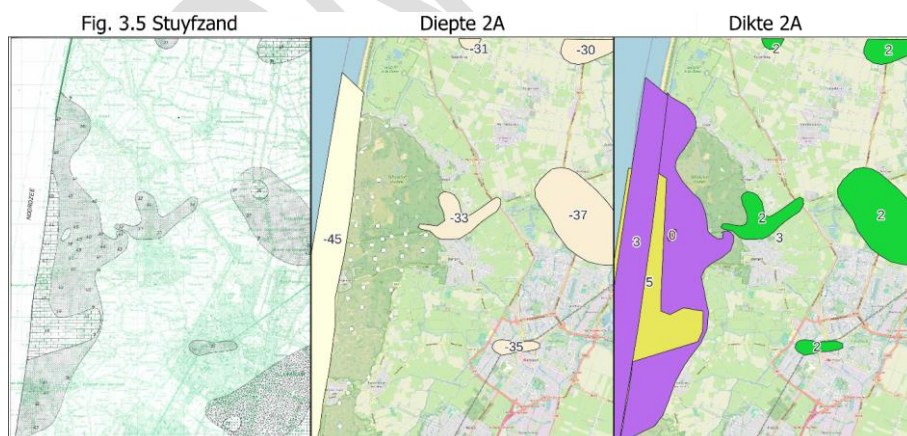


Figuur 21 Vergelijking tussen figuur 3.4 uit Stuyfzand (1989) en de polygonen in de diepte- en diktebestanden (shapefiles BA1D en DI1D) van het Bergen-model.

### 3.3.5 2A

Shapefiles BAq2\_pol.shp en BAq2\_point.shp bevatten informatie over de diepte van de **bovenkant** van de Eem-klei (SDP 2A in Stuyfzand, 1989). De vorm van de polygonen en de puntwaardes zijn herleidbaar tot figuur 3.5 van Stuyfzand (1989).

De polygonen met de diktes hebben in het westen de waardes 3 en 5 m, en in het oosten 2 m. Hierbij wordt de indeling in dikte-intervallen uit de legenda van figuur 3.5 niet consequent gevolgd, mogelijk is hier interpretatie toegepast op basis van de geologische profielen.



Figuur 22 Vergelijking tussen figuur 3.5 uit Stuyfzand (1989) en de polygonen in de diepte- en diktebestanden (shapefiles BA2A en DI2A) van het Bergen-model. N.B. de in tegenstelling tot de overige shapefiles hebben de dieptes in BA2A.shp betrekking op de **bovenkant** van de laag en niet de basis.

### 3.3.6 Overige opmerkingen

De shapefiles bevatten geen informatie over de ligging en dikte van SDP's:

- 2D (keileem behorende tot de Formatie van Drente), deze is wel afgebeeld in figuur 3.5 van Stuyfzand (1989),
- 3A (klei- en slibhoudende afzettingen behorende tot de Formatie van Enschede),
- 4 (klei- en slibhoudende pakket behorende tot de Formatie van Maassluis).

De polygonen in alle shapefiles zijn gedigitaliseerd op basis van de figuren uit Stuyfzand (1989). Hun omtrek is daarom gedeeltelijk de rand van de figuur en vormt daarmee geen representatieve geologische grens.

De polygoongrenzen vallen niet altijd mooi samen. Daar waar meerdere polygonen samenkomen overlappen ze een klein stukje, of er is een klein beetje ruimte tussen de grenzen. Voor de modellering zal dit weinig consequenties hebben.

## 4 Samenvoeging shapefiles NHDZ en Bergen

Het werken met twee verschillende sets shapefiles die deels overlappen is niet handig en werkt vergissingen in de hand. Binnen deze opdracht is daarom een eerste aanzet gedaan om de bestanden samen te voegen. Het doel was niet om alle bestaande geologische informatie in detail te verwerken (wat zeer tijdrovend zou zijn), maar om de bestaande informatie in de shapefiles zo veel mogelijk te behouden.

Als basis voor de nieuwe shapefiles zijn de originele bestanden gebruikt die vervaardigd zijn door Koster (1997). Deze waren nog beschikbaar in het PWN archief als bestanden van het ArcInfo interchange file formaat. De bestanden zijn eerst ingelezen in QGIS van waaruit de lijnelementen voor elke laag zijn geëxporteerd naar een shapefile. Deze lijnen geven de contouren weer van gelijke diepte- (van de top) en de dikte van de lagen.

De polygonen uit de shapefiles voor het NHDZ en het Bergen model overlappen in het gebied tussen Egmond aan Zee en Heiloo. In deze zone is zo veel mogelijk uitgegaan van de kartering van Koster, maar soms is hier van afgeweken. Hier is voor gekozen wanneer dit noodzakelijk was om de contourlijnen te kunnen laten aansluiten op de polygoonontrekken uit de shapefiles van het Bergen model, of wanneer er informatie uit Dinoloket beschikbaar was die overduidelijk aangaf dat de interpretatie van Koster (1997) onnauwkeurig was.

De samenvoeging is gedaan voor de slechtdoorlatende lagen S2.1, S1.3, S1.2 en S1.1. Voor de dieper gelegen lagen (S3.2, S3.1 en S2.2) bevatten de shapefiles van het Bergen model geen informatie (zie paragraaf 3.3.6).

In de onderstaande tekst worden de keuzes en overwegingen bij het samenvoegen van de shapefiles per laag toegelicht. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de oude benamingen van de formaties en laagpakketten omdat daarmee de verbinding tussen Stuyfzand (1989) en Koster (1997) beter te maken is.

Als hulpmiddel bij het tekenen van de contourlijnen is een puntenkaart gemaakt door Dinoloket de dieptes van klei- en leemlagen in een Python script te koppelen aan de namen van laagpakketten. Het script selecteert alle klei- en leemlagen die voorkomen binnen het diepte-interval van een bepaalde laag (bijvoorbeeld NAWOBE, de klei van Bergen) en schrijft de diepteligging en dikte weg naar een shapefile met puntwaardes. De contouren in het gebied ten noorden van de kaarten van Koster (1997) zijn getrokken met behulp van deze puntwaardes, maar ook met behulp van de kaarten uit Stuyfzand (1989). Daar waar de shapefiles voor het Bergen Triwaco model informatie over een laag bevatten is deze zo veel mogelijk aangehouden. De punten uit Dinoloket zijn gebruikt om de interpretatie te verfijnen, of om de contourlijnen te kunnen verbinden met die van Koster (1997).

De resulterende shapefiles zijn opgeslagen in de folder *kaarten\_2024*. Hieronder bevinden zich twee subfolders: *dikte\_aquitard* en *top\_aquitard*, die elk weer een map bevatten voor elke laag. De naam van de shapefile is bijvoorbeeld *TS11.shp*, waarbij de T staat voor de top en S11 het laagnummer aanduidt. De nieuwe kaarten zijn beschikbaar onder de groep *kaarten\_2024* in het QGIS bestand.

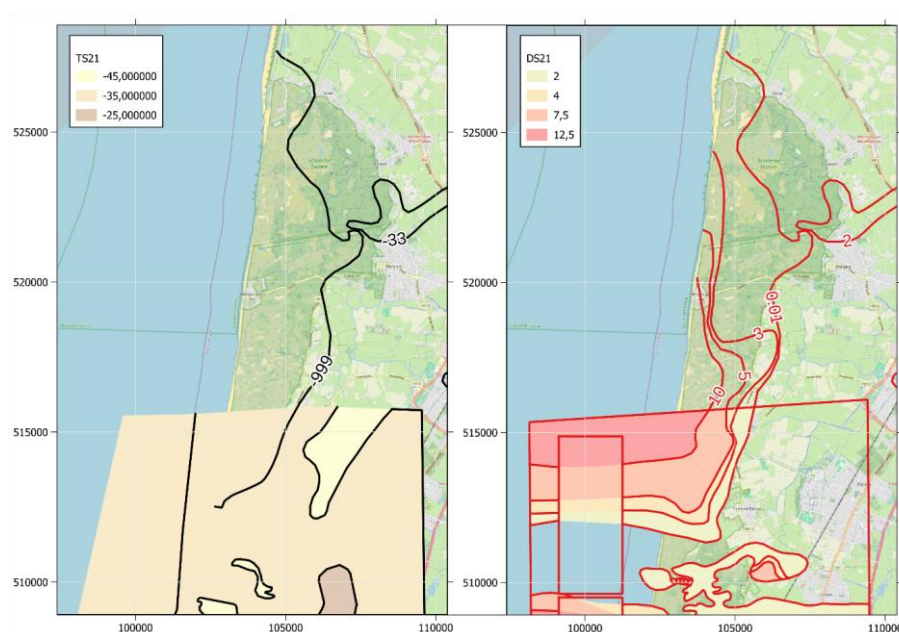
### 4.1 Laag S2.1 (Eem formatie)

#### 4.1.1 Dikte

De laag S2.1 volgens Koster (1997) is het equivalent van SDP 2A uit Stuyfzand (1989). De shapefile DI2.shp bevat de diktes die gebruikt zijn voor het Triwaco model. Zoals besproken in paragraaf 3.3.5 zijn deze afgeleid uit Figuur 3.5 van Stuyfzand (1989). De grens tussen de polygonen in DI2.shp voor de waardes (veld VALUE in de attribute table van de shapefile) 3 (0,5 – 3 m in Stuyfzand's figuur 3.5) en 5 (> 3 m in Stuyfzand's figuur 3.5) meter is aangesloten op de 3 meter dikte contour van Koster

(1997) (Figuur 23). Ten westen daarvan zijn de dikte contouren getekend op basis van de diktes in de boorbeschrijvingen uit Dinoloket. Ten oosten daarvan is de oostelijke rand van de 3 m dikke polygoon uit DI2.shp aangehouden als de contour die die begrenzing van de laag aangeeft.

De geïsoleerde polygonen in het oostelijke deel van figuur 3.5 uit Stuyfzand (1989) zijn gehandhaafd. Deze hebben in DI2.shp een dikte van 2 m toegekend gekregen en het is niet duidelijk hoe deze goed aan te laten sluiten op de contouren volgens Koster (1997). Overigens geven zowel de boorbeschrijvingen uit Dinoloket als REGIS aan dat de Eem klei hier een veel grotere verbreiding heeft dan Stuyfzand (1989) heeft verondersteld. Om deze reden wordt aanbevolen om het voorkomen van deze laag in dit deel van het gebied beter in kaart te brengen.



Figuur 23

#### 4.1.2 Diepteligging top

De diepte van de top van de formatie voor het Triwaco model is opgenomen in de shapefiles BAQ2\_poly.shp en BAQ2\_point.shp. De puntwaardes in dit laatste bestand worden gebruikt om binnen de grootste polygoon, gelegen langs de kustlijn, de dieptes te interpoleren met kriging (Figuur 23). De puntwaardes vallen op een enkele uitzondering na allemaal in het interval -50 tot -40 m NAP in de kaart van Koster (1997). Door de contourlijnen van Koster (1997) naar het noorden door te trekken zouden de nuances verloren gaan van de diepteverdeling die de puntwaardes weergeven. Vooralsnog is er daarom voor gekozen om de bestaande aanpak van kriging binnen polygonen met waarde -999 te handhaven. Hierbij moet wel bedacht worden dat:

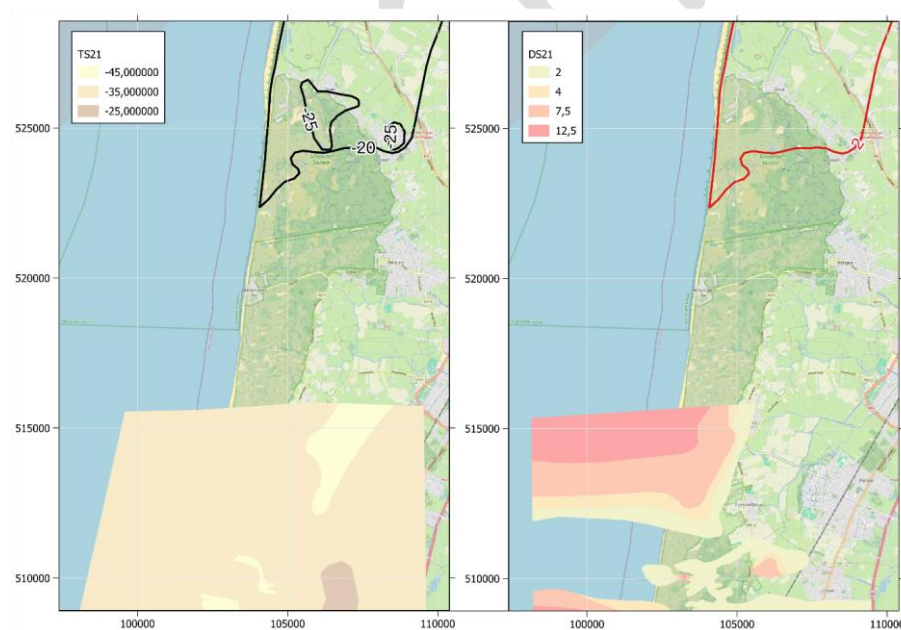
- De noordgrens van de kaart van Koster (1997) geen geologische grens vormt maar de limiet vormt van het toenmalige studiegebied

- Daar waar de kaarten van Stuyfzand (1989) en Koster (1997) elkaar overlappen (ten zuiden van Egmond aan Zee), zijn de dieptes die Stuyfzand (1989) weergeeft enkele meters dieper dan volgens Koster (1997). Mogelijk is dit verschil te verklaren doordat Stuyfzand (1989) de bovengrens heeft gelegd bij de kleilagen in de Eemformatie terwijl Koster (1997) soms ook de zandige delen tot de slecht doorlatende laag heeft gerekend.

S21\_0: De omtrek van de polygoon van SDP 1H uit is overgenomen als de -20 m NAP dieptecontour. Binnen deze contour zijn nog twee gesloten contourlijnen getrokken om de punten uit figuur 3.4 van Stuyfzand (1989) die een grotere diepte aangeven. Om precies te zijn betreft het hier de punten uit shapefile BA1D\_point.shp, die betrekking hebben op de diepst gelegen van twee slechtdoorlatende lagen uit de Formatie van Twente (zie paragraaf 3.3.4).

#### 4.1.3 S21\_0

Omdat figuur 3.5 in Stuyfzand (1989) punten bevat met de diepteligging van een slechtdoorlatende laag die hoogstwaarschijnlijk tot de Eemformatie behoort (zie paragraaf 283.3.4) zijn twee extra shapefiles gemaakt (TS21\_0.shp en DS21\_0.shp) met daarin de top van de laag en de dikte. De laatste is constant gesteld op 2 m, zoals dit ook was gedaan in de shapefile DI1D.shp. De eerste is gebaseerd op de puntwaardes uit DI1D\_point.shp en de dikte om de contourlijnen voor de ligging van de top van de laag aan te duiden (Figuur 24).



Figuur 24

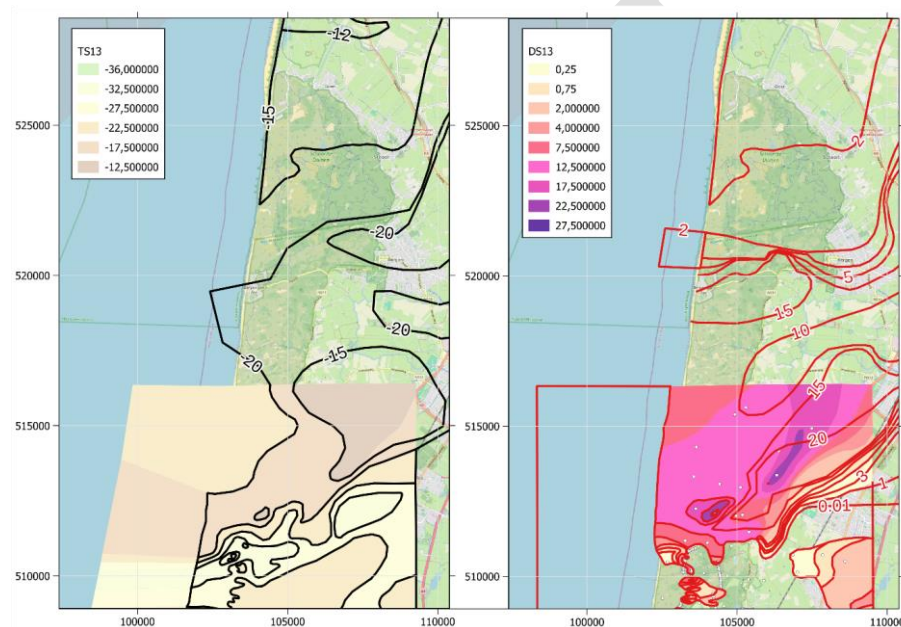


## 4.2 Laag S1.3 (hoofdzakelijk basis Holocene)

### 4.2.1 Dikte

Volgens Koster (1997) omvat slechtdoorlatende laag S1.3 de volgende eenheden:

- Fijnzandige afzettingen (zandige klei en leemlaagjes) behorende tot de Formatie van Twente (SDP 1H),
- Basisveen en Laag van Velsen (SDP 1D en SDP 1G),
- Beemster Afzettingen en kleiig trajecten van de Strandzanden,
- Klei van Bergen (SDP 1E).



Figuur 25

De lagen SDP 1D en SDP 1G vallen niet zo precies samen met de afzettingen die Koster (1997) tot S1.3 rekent als de bovenstaande opsomming suggereert. Dit is wel het geval voor SDP 1E die in een grote mate van detail is weergegeven in figuur 3.4 in Stuyfzand (1989). Hierdoor was het mogelijk om de contourlijnen voor de dikte die van Stuyfzand (1989) goeddeels te laten volgen (Figuur 25). In het gebied rond Heiloo zijn de contourlijnen van Koster (1997) oostwaarts verlegd om ze te laten aansluiten op de kaart van Stuyfzand (1989). Hierbij is ook gebruik gemaakt van de informatie uit Dinoloket, die duidelijk aangaf dat de Klei van Bergen hier dikker is dan Koster (1997) veronderstelde op basis van de boorstaten uit Dawaco.

Ook op andere plaatsen waar de informatie uit Dinoloket daar aanleiding toe gaf is ook afgeweken van de diktecontouren van SDP 1E volgens Stuyfzand (1989). In het centrum van Alkmaar bijvoorbeeld

is een groot aantal boringen geconcentreerd die gebruikt zijn om de diktecontouren aan te passen. Overigens was het niet mogelijk om elk detail uit de boorbeschrijvingen terug te laten komen in de diktekaart omdat de heterogeniteit van de laag plaatselijk zeer hoog lijkt te zijn. Ook geeft de informatie in Dinoloket aanleiding te vermoeden dat de begrenzing ten westen van Bergen noordelijker verloopt dan die Stuyfzand (1989) heeft aangehouden. Dit is niet in de nieuwe shapefile verwerkt, maar aanbevolen wordt om hier in de toekomst nader naar te kijken.

Voor SDP 1G en 1H is de constante dikte uit DI1C.shp aangehouden.

#### 4.2.2 Diepteligging top

De contourlijnen die de top van SDP 1E aangeven zijn hoofdzakelijk ingetekend op basis van de informatie uit Dinoloket (Figuur 25). De puntwaardes die Stuyfzand (1989) in zijn figuur 3.4 heeft weergegeven zijn voor de basis van de laag. Over het algemeen was er goede overeenstemming tussen deze waardes en die in de boorbeschrijvingen van Dinoloket.

Voor de eenheden 1G en 1H is de diepteligging van de top gebaseerd op de waardes uit de bestanden DI2C\_poly.shp en DI2C\_point.shp. Voor SDP 1H is de top constant verondersteld op -15 m NAP omdat ... punten niet mooi verspreid over polygoon, profiel xx in Stuyfzand (1989) suggereert vlakke bodem.

### 4.3 Laag S1.2 (Holocene)

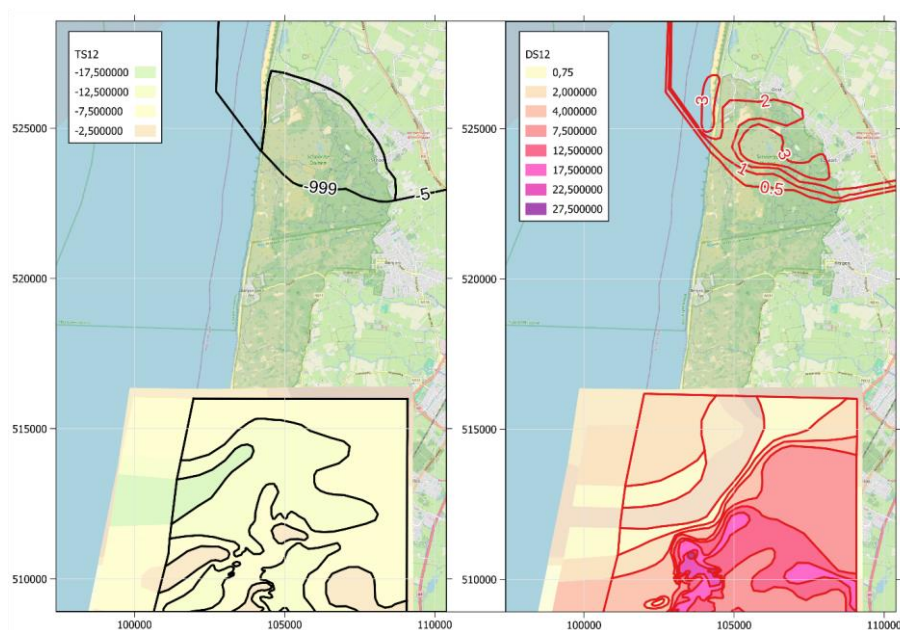
#### 4.3.1 Dikte

Volgens de beschrijving van deze laag in Koster (1997) bestaat deze hoofdzakelijk uit Oer-IJ afzettingen (Calais IV en Duinkerke 0 & I). De lagen die qua beschrijving het dichtst in de buurt komen van de indeling in Stuyfzand (1989) zijn SDP 1B en SDP 1F.

Bij het samenvoegen van de bestanden is SDP 1B niet meegenomen omdat deze vanwege het ontbreken van een polygoon voor de diepte in shapefile BA1A.shp niet in het grondwatermodel was opgenomen. Aanbevolen wordt om de verbreiding van de Holocene slechtdoorlatende pakketten in dit deel van het gebied nader te onderzoeken.

De dikte van SDP 1F is overgenomen uit DI1B\_poly.shp en DI1B\_point.shp. De diktewaardes uit deze laatste shapefile zijn gebruikt om handmatig contouren te tekenen binnen de polygoon met de waarde -999 (Figuur 26). De polygoon met dikte 0,4 m uit DI1B\_poly.shp is niet overgenomen omdat niet duidelijk is op basis van welke informatie deze is opgenomen. Ook in dit geval geldt weer de aanbeveling om de geologische kartering in dit deel van het gebied aan te scherpen.





Figuur 26

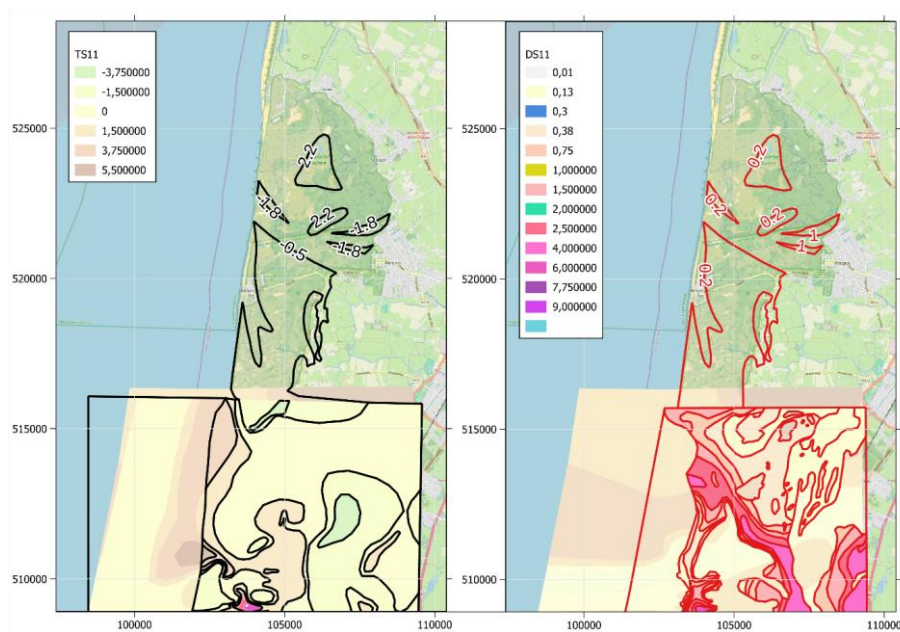
#### 4.3.2 Diepteligging top

De diepteligging van de top van SDP 1F is bepaald door bij de diepte van de basis in BA1B\_poly.shp en BA1B\_point.shp de diktes uit DI1B\_poly.shp en DI1B\_point.shp op te tellen. Omdat de polygonen veel noordelijker liggen dan de noordgrens van de kaarten van Koster (1997) is er een zone, ongeveer gelegen van Egmond tot en met Bergen, waar S1.2 niet aanwezig is in het lagenmodel (Figuur 26). Koster (1997) geeft aan dat de laag langs een deel van de noordgrens van zijn karteringsgebied niet voorkomt, of een dikte <1 m heeft. Dat zou inderdaad op een beperkt voorkomen kunnen duiden maar dit dient door nadere bestudering van de boorgegevens bevestigd te worden.

### 4.4 Laag S1.1 (Duinveen)

#### 4.4.1 Dikte

Tot slechtdoorlatende laag S1.1 rekent Koster meerdere eenheden: Zijpe- en IJ Afz. (Duinkerke III), Hollandveen, Oer-IJ Afz. (Afz. van Calais IV en Duinkerke 0 & 1). De laatste vallen ook in S1.2 maar worden tot S1.1 gerekend als de diepteligging rond NAP is. Koster (1997) heeft bij het opstellen van het lagenmodel ook uitdrukkelijk gekeken naar de diepteligging. Vanuit dat oogpunt ligt het voor de hand om de overstoven veenlagen tussen Heiloo en Bergen aan Zee (in shapefile in DI2A.shp, zie ook figuur 3.3 in Stuyfzand, 1989) bij laag S1.1 te voegen (Figuur 27). Ook het duinveen gelegen op +2 m NAP, ook in shapefile in DI2A.shp, kan tot dezelfde laag worden gerekend.



Figuur 27

Op twee kleine polygoenen na is de dikte van de veenlagen in DI2A.shp 0,2 m. Deze waarde is lager dan de door Koster (1997) gekarteerde dikte van 1 tot 2 m in het uiterste noorden van zijn kaart. Voor nu is er voor gekozen om de dikte op de noordgrens van de kaart van Koster (1997) te laten verspringen (van een gemiddelde waarde van 1,5 m ten zuiden van deze grens naar 0,2 m ten noorden van deze grens), maar een nadere bestudering van de boringen zal moeten uitwijzen hoe deze lagen het beste op elkaar kunnen worden aangesloten.

#### 4.4.2 Diepteligging top

Hoewel de dikte noodzakelijkerwijs verspringt, kon voor de top van de overstoven veenlagen tussen Heiloo en Bergen aan Zee gemakkelijk een elegante oplossing worden gekozen. De omgrenzing van de polygoon van deze afzettingen kon goed worden aangesloten op de -2,5 m NAP contour van Koster (1997) (Figuur 27). De diepteligging van de top van -1,8 m NAP valt daarmee mooi in het interval -2,5 tot -0,5 m NAP. Bij gebruik van de gemiddelde waarde van het interval  $(-2,5 - 0,5) / 2 = -1,5$  ligt de top in de aangepaste schematisering dus 0,3 m hoger dan voorheen.

## 5 Interpolatie van de dataset

In paragraaf 2.2 werd aangegeven dat het werken met de polygonen waaraan één gemiddelde waarde is toegekend voor de top, onderkant of de dikte, leidt tot informatieverlies. Om deze reden is het aan te bevelen om bij de opbouw van het grondwatermodel niet één waarde toe te kennen per polygoon, maar om te interpoleren tussen de contourlijnen. De contourlijnen zijn door Koster (1997) handmatig getrokken. De vertices die samen de contourlijn vormen kunnen als datapunten voor de interpolatie worden beschouwd, tezamen met de geïnterpreteerde laaggrenzen ter plaatse van de boringen.

Om de data geschikt te maken voor de interpolatie zijn een aantal voorbereidingen nodig. Deze worden hieronder puntsgewijs beschreven. Deze stappen zijn zoveel mogelijk in Python geprogrammeerd zodat ze navolgbaar zijn, en zodat in de toekomst aanvullende data makkelijker kunnen worden meegenomen. Een aantal bewerkingen kon niet geautomatiseerd worden en is handmatig in QGIS uitgevoerd.

De stappen die gevolgd zijn waren:

1. (*handmatig: QGIS*) Het samenvoegen van de NHDZ en Bergen shapefiles zoals beschreven in het vorige hoofdstuk. Voor het noordelijke gedeelte zijn op basis van de shapefiles van het Bergen model ook polygonen gedefinieerd die aangeven waar lagen niet voorkomen op basis van de figuren van Stuyfzand (1987). Deze polygonen worden gebruikt om in het uiteindelijke interpolatie resultaat aan de waarden van top, dikte en onderkant een NaN toe te kennen. Op deze manier wordt voorkomen dat er geïnterpoleerd wordt buiten de polygonen die voor het Bergen model gebruikt werden.
2. (*handmatig: QGIS*) Het verwijderen van lijnelementen die geen datapunten bevatten, zoals de rechte lijnen die het onderzoeksgebied begrenzen (zie bijvoorbeeld Figuur 26 en Figuur 27). De resulterende shapefiles zijn opgeslagen in de folder *kaarten\_2024\_voor\_interpolatie*. Hieronder bevinden zich twee subfolders: *dikte\_aquitard* en *top\_aquitard*, die elk weer een map bevatten voor elke laag. De naam van de shapefile is bijvoorbeeld *TS11.shp*, waarbij de T staat voor de top en S11 het laagnummer aanduidt.
3. (*Python: `prepare_data_for_interpolation.py`*) Het toekennen van de top/dikte aan de lijnsegmenten in de shapefiles. Door te kijken welke contourlijnen grenzen aan welke polygonen kan met behulp van de klassen uit de legenda's van Koster (1997) bepaald worden welke top dan wel dikte bij een bepaalde contourlijn hoort.
4. (*Python: `prepare_data_for_interpolation.py`*) Het samenvoegen van individuele linestrings tot één contourlijn. De meeste contourlijnen zijn gedigitaliseerd in kortere segmenten. Door deze samen te voegen is het makkelijker om de handmatige nabewerking in de volgende stap uit te voeren. De resulterende shapefiles zijn opgeslagen in de mappenstructuur zoals beschreven onder punt 2 en hebben als naam *\*\*\*\*\_union\_with\_values.shp* (waarin \*\*\*\* de code is voor de bovenkant- of de dikte plus de naam van een laag, bijvoorbeeld TS11 of DS11).
5. (*handmatig: QGIS*) Het controleren en aanvullen van de waarden toegekend aan de contourlijnen in stap 4. Het Python script kan niet voor alle contourlijnen vaststellen welke waarde er aan moet worden toegekend. Dit kan meerdere oorzaken hebben:
  - a. Overlappende polygonen in de originele shapefiles (dit betreft fouten in de brondata)
  - b. Verkeerd gedigitaliseerde lijnen (voor een klein aantal contourlijnen vallen start- en eindpunt samen)
  - c. De aanwezigheid van polygonen in het zuidelijk deel van het gebied die niet in de oorspronkelijke shapefiles van Koster (1997) aanwezig waren. Omdat de contourlijnen daar niet altijd meer samenvallen met de polygonen, kent het Python script er geen waarde aan toe. **N.B. In de nieuwe dataset zijn deze later-toegevoegde**

***polygonen niet meer aanwezig zodat in het zuidelijke deel van het model aanzienlijke verschillen kunnen ontstaan met eerdere versies van het lagenmodel.***

Het resultaat van de handmatige bewerking is opgeslagen in de shapefiles **\*\*\*\*\_union\_with\_values\_edited.shp** (waarin **\*\*\*\*** de code is voor de bovenkant- of de dikte van een laag, bijvoorbeeld TS11 of DS11).

6. (Python: *interpolate\_layer\_boundaries.py*) De waarden die zijn toegekend aan de contourlijnen in stap 5 worden, tezamen met de data voor de boringen uit de originele GIS bestanden van Koster (1997), geschikt gemaakt voor de interpolatie. De vertices van de lijnen in de shapefiles **\*\*\*\*\_union\_with\_values\_edited.shp** worden omgezet naar puntwaarden en gecombineerd met de waarden uit het bestand *meetpunten\_boorbeschrijving\_dawaco.shp* *daw\_data\_TS\_DS.shp*. Voor de laagdiktes worden tevens de punten in het interpolatiegrid toegevoegd die gelegen zijn binnen de polygonen die de afwezigheid van een laag aangeven. Door hier een dikte 0 aan toe te kennen kan de begrenzing van de lagen zo goed mogelijk terugkomen in de geïnterpoleerde diktes. De punten worden opgeslagen in shapefiles genaamd **\*\*\*\*\_interpolation\_points.shp** zodat in QGIS precies kan worden nagegaan welke punten er zijn gebruikt voor de interpolatie.
7. (Python: *interpolate\_layer\_boundaries.py*) De interpolatie wordt uitgevoerd met behulp van griddata uit de SciPy library. Eerst worden de waarden berekend door te interpoleren met *linear distance weighting*. Dit resulteert alleen in waarden binnen de 'convex hull' van de datapunten. Voor de punten onder de Noordzee wordt de interpolatie nogmaals uitgevoerd maar dan met behulp van 'nearest neighbour'. De top en de dikte worden geïnterpoleerd, de onderkant van de laag wordt berekend door de geïnterpoleerde dikte en top van elkaar af te trekken. De bestanden zijn opgeslagen als individuele NetCDF bestanden in de submappen *bot\_aquitard*, *dikte\_aquitard* en *top\_aquitard* van de folder 'kaarten\_2024\_geinterpoleerd'.
8. (Python: *interpolate\_layer\_boundaries.py*) Controle op elkaar kruisen de lagen. Het script berekent het verschil tussen de onderkant van een laag en de top van de laag er onder. Als de onderkant dieper ligt dan de top van de onderliggende laag dan wordt dit opgeslagen in een subfolder 'overlap'. De bestandsnaam *overlap\_S11\_S12.nc* geeft bijvoorbeeld aan dat het gaat om de vergelijking tussen de lagen S1.1 en S1.2.

Alle kaarten zijn als kaartlagen opgenomen in het QGIS bestand *pwn\_model\_data.qgz*. De Python code in *interpolate\_layer\_boundaries.py* is met wat aanpassingen geschikt te maken voor integratie in de NHFLO modelscripts.

## 6 Synthese

Aanbevelingen:

Verskil in coördinaten tussen Dawaco en Dinoloket van boringen onderzoeken (verkeerde ligging in Dinoloket kan consequenties hebben voor Regis?),

Verloop diepte en dikte bepalen met behulp van interpolatie in plaats van de gemiddelde waarden van de polygonen,

Aanbevolen wordt om uit te vinden waarom lagen uit het Triwaco model schijnbaar overlappen,

Onderzoeken of een opsplitsing van de kleilagen in de Eem formatie (zoals in Regis) noodzakelijk is.

Kaarten van S3.2, S3.1 en S2.2 ook uitbreiden naar het noorden.

## 7 Literatuuroverzicht

CONCEPT