

Tektonische signalen in de tertiair afzettingen van de Zuidelijke Noordzee

D.H. Edelman

Juli 2009

1 Samenvatting

In deze notitie wordt ingegaan op de recent vrijgekomen informatie over de Paleogene en vroeg-Neogene afzettingen in de zuidelijke Noordzee. Geconcludeerd wordt dat met behulp van de lithologische beschrijvingen en gammabeelden een indeling gemaakt kan worden van deze afzettingen waarmee de afzettingen uit het Continentale Plat van Nederland, Denemarken en Noorwegen direct vergelijkbaar zijn. Met het karteren van drie parasequenties kan de diepteligging van deze sequenties ten opzichte van elkaar en ten opzichte van het huidige zeeniveau gebruikt worden om tektonische sprongen te bepalen. Deze tektonische sprongen kunnen vervolgens gebruikt worden om mogelijke voorkomens van olie en/of gas in de ondergrond mede te voorspellen.

Sleutelwoorden: Paleogeen, Neogeen, Noordzee, sequenties, tektoniek, olie- en gasvoorkomens.

1.1 Summary

This article discusses the new information on borelogs from oil exploration in the southern part of the Northsea. A combination of gammalogs and lithological data provides an insight into the siliciclastic deposits of Paleogene and Neogene age. A comparison could be made with similar data from the Danish and Norwegian part of the Northsea. Three parasequences can be seen. Depth and thickness of these parasequences were used to construct a tectonic maps of the Dutch Continental Shelf. This map can be possibly be usefull for exploration into hydrocarbons

Keywords: Paleogene, Neogene, Northsea, sequences, oil- and gas exploration

2 Introductie

2.1 Inleiding

De tektoniek van Nederland in het Tertiair en Kwartair wordt beïnvloed door de volgende zaken:

- Het voorkomen van oude breukstructuren en plooiassen in de mesozoïsche en paleozoïsche ondergrond. Dit zijn breukstructuren die ontstaan zijn tijdens de amalgamatie van diverse brokstukken in het paleozoïcum. Dit is onder andere de botsing tussen Armorica, Laurasia en Baltica bij de Caledonische gebergtevorming. Hiernaast hebben de Hercynische en Alpiene gebergtevorming hun sporen achtergelaten waarbij de oudere structuren lokaal zijn gereactiveerd.
- Het voorkomen van opwelvingen uit de mantel. Dit heeft bijvoorbeeld plaatsgevonden onder het noordelijk deel van het NCP^(a) of de Erkelenz-intrusie. In reactie op de eerste is de inzinking van dit deel van de Noordzee ontstaan.
- Het voorkomen van vulkanisme bijvoorbeeld nabij Vlieland (Zuidwalvulkanisme) en de Nederrijnbocht (Eifelvulkanisme)
- Het voorkomen van zoutdiapirisme onder het noordelijk deel van het NCP

2.2 Doel van de notitie

Doel van deze notitie is het analyseren van de in 2007 en 2008 beschikbaar gekomen gegevens van exploratieboringen onder het NCP en op basis van die gegevens een beeld te vormen van tektonische eenheden in de ondergrond. Vervolgens is de samenhang van deze tektoniek van de diepere lagen (meer dan 300 meter diep) met die van de ondiepere lagen (met name de Pliocene en Pleistocene afzettingen) in kaart gebracht. Als bijproduct van dit tektonische beeld zijn diktekaarten gemaakt van drie parasequenties in de klastische afzettingen die op de mesozoïsche (en paleozoïsche) ondergrond aanwezig zijn. Tenslotte zijn deze parasequenties gecorreleerd met vergelijkbare parasequenties onder het DCP en het NoCP.

3 Eerder onderzoek

3.1 Afzettingen

Over de vroeg-Tertiaire afzettingen op het NCP is vanuit Nederland relatief weinig onderzoek gepubliceerd. De ondiepe afzettingen zijn intensief bestudeerd (zie o.a. [deze website](#) en de verwijzingen daarin). De diepere afzettingen krijgen minder aandacht, voornamelijk door de lokaal erg (tot ruim 2 km) diepe ligging van de afzettingen. Publicaties over dit deel van het Paleogeen en vroeg-Neogeen zijn schaars (e.g. Keizer & Letsch, 1963; Van Staalduinen et al., 1979; Letsch & Sissingh, 1983; Zagwijn, 1989) zijn beknopt te noemen. Een samenvatting van deze onderzoeken is te vinden in Wong, 2007.

In 2007 is onder invloed van de Mijnbouwwet de verplichting gekomen om de boorgegevens openbaar te maken. Het is te verwachten dat hierdoor hernieuwd onderzoek naar de Palogene en vroeg-Neogene afzettingen plaats zal gaan vinden.

Van het DCP is meer onderzoek bekend. Schiøler (2007) geeft een gedetailleerde samenvatting van dit deel van de ondergrond.. Van het NoCP is al langer een dergelijke publicatie bekend (Isaksen, 1989). Beschrijvingen van meer continentale afzettingen zijn bekend uit België (o.a. de Man, 2006) en Duitsland (Nickel, 2003)

3.2 Tektoniek

Door de samenhang van tektoniek en olie- en gasvoorkomens is er relatief veel onderzoek gedaan op de Noordzee. Dit is onder andere terug te vinden in Lyngsie (2006). Hierin wordt met name ingegaan op het voorkomen van transversale O-W breuken onder het DCP en het NoCP en op de ligging van diepe delen van de oude continentale botsingsgrenzen.

4 Methode

4.1 Gebruikte gegevens

In 2007 en 2008 zijn diepboringen die gezet zijn ten behoeve van de exploratie naar olie- en gasvoorkomens in de Nederlandse ondergrond publiek gemaakt. Op basis van de Mijnbouwwet zijn op Internet door TNO bouw- en ondergrond de gegevens van ruim 5500 putten beschikbaar. Het niveau van informatie varieert van een scan van de eerste boringen uit het begin van de 20^e eeuw tot boringen met vele verschillende loggrafieken. Sommige boringen zijn voorzien van gedetailleerde flora- en faunagegevens. Het is van belang om in te zien dat de kwaliteit van de informatie door de gebruikte boortechnieken beperkt is. Dikte en diepte van de diverse afzettingen zijn in het beste geval op 10-meterschaal nauwkeurig.

4.2 Selectie van de boringen

Het grote aantal boringen is teruggebracht tot één boring per lokatie. Van sommige winlokaties (bijvoorbeeld Twente Rijn van Akzo of Schoonebeek van de NAM) zijn meer dan 550 lokale boringen in de database opgenomen. Gezien het doel van het onderzoek (een grootschalig beeld van de tektoniek van de Tertiaire ondergrond) volstaat één informatiepunt voor dit soort grote winlokaties. Voor de lokaties op de Noordzee is de doelstelling geweest om minimaal een boring per letter/cijfer vak (bijvoorbeeld A5, L13) te selecteren. Uiteindelijk zijn gegevens gebruikt van 1600 verschillende boringen. Van deze 1600 boringen is ongeveer 10% gebruikt voor de bepaling van de isopachenkaarten van de Paleogene en Neogene afzettingen. Dit betekent dat er ongeveer 1 boring is gebruikt per 600 km². Dit houdt in dat er ruimte is om de tektonische eenheden, bij het gebruik van meer informatiepunten per oppervlakte, nauwkeuriger in beeld zijn te brengen dan in deze notitie is gebruikt.

De overige boringen zijn gebruikt ter correlatie.

4.3 Interpretatie van de gegevens

De kwaliteit van de gebruikte boorlogs, gewoonlijk in de database een gescande CWL (Composite Well Log), varieert sterk. Van kleihoudende afzettingen is soms wel en soms geen zandfractie weergegeven. Glauconietgehalte, voorkomen van pyriet en mica's, fossielinhoud worden bij sommige exploitatiemaatschappijen consequent opgenomen in de logs en bij andere niet. Bij de meeste boringen is een gamma-meting bijgesloten. Deze gamma-meting wordt in deze notitie dan ook veel gebruikt om de verschillende grenzen tussen de afzettingen te bepalen. Hierbij moet worden opgemerkt dat gamma-meting voor een deel buiten een casing gebeurt en voor een deel binnen. Dit is duidelijk te zien op de logs. Binnen de casing is de gamma-uitslag veel minder uitgesproken.

4.4 Toepassing van de gegevens

De boringen zijn in 9 profielen naast elkaar gezet. Door vergelijking van de profielboringen en gebruik van de omliggende boringen zijn op basis van lithologie en gamma-metingen grenzen onderkend tussen de verschillende afzettingen. Hieruit volgde een lithologische indeling. Uit deze lithologische indeling konden diepteverschillen van de verschillende grenzen worden bepaald. Hiermee zijn isopachenkaarten van de verschillende afzettingen gemaakt. Deze zijn op hun beurt gebruikt om sprongen in de dikte te onderkennen. Deze laatste zijn mogelijk tektonisch van oorsprong.

4.5 Gegevensbronnen

Gegevens over putten zijn, met wisselende kwaliteit te vinden op de volgende internetadressen:

Denemarken <http://www.geus.dk/departments/geol-info-data-centre/geoldata-uk.htm>

Noorwegen <http://www.npd.no/English/Produkter+og+tjenester/Publikasjoner/Kart/coverpage.htm>

Nederland <http://www.nlog.nl/nl/home/NLOGPortal.html>

Belgie <http://dov.vlaanderen.be/dovweb/html/index.html>

Van Duitsland en de UK ontbreekt een openbare database

5 Gegevens

5.1 Afzettingsindeling

5.1.1 Parasequentie 1 (Pa1)

Onderin de klastische afzettingen, boven de Mesozische Perm tot Krijt afzettingen bevindt zich een herkenbare reeks afzettingen met een opvallende gamma-meting. Deze reeks is te koppelen aan vergelijkbare, goed beschreven reeksen uit Denemarken en Noorwegen. De onderzijde van Pa1 ligt op de (harde) afzettingen, vaak carbonaatrijke afzettingen uit het Krijt. Hierboven gaat de carbonaatafzetting over in siliciumrijke sedimenten. De top van Pa1 ligt onder tuff-houdende afzettingen. Delen van deze parasequentie komen voor over het gehele NCP. De tuff-afzettingen lijken tot de noordelijke helft van het onderzoeksgebied beperkt te blijven.

De parasequentie wordt gekenmerkt door mergelhoudende kleien tot mergelige kalken. Zandige trajecten komen voor.

5.1.2 Parasequentie 2 (Pa2)

Deze serie afzettingen wordt aan de onderzijde begrensd door de onderzijde van de tuffhoudende kleien. Hoger in het profiel komen zware kleien voor. Aan de randen van het Noordzeebekken komt binnen de kleien lokaal een tot 170 meter dik fijnzandig pakket voor. Hierboven liggen zware kleien. De overgang naar parasequentie 3 wordt gelegd bij de onderzijde van een duidelijk hogere gammawaarde. De totale dikte van de Pa2 kan oplopen tot 1060 meter in put A11-1 op het NCP. Op het DCP wordt in de put KIM-1 een dikte van 1310 meter gemeten. Op het NoCP is in put 2/2-1 een dikte gemeten van 1350 meter voor deze Pa2. Op de lokaties waar gegevens voor aanwezig zijn komt naar voren dat deze Pa2 voor het grootste deel uit zware kleien bestaat. Middenin de Pa2 komt op sommige lokaties een fijnzandig traject voor. Deze fijnzandige trajecten zijn in het zuiden van de Noordzee bekend als de Zanden van Brussel, de Freya member op het DCP en de Gridformatie op het NoCP. Mogelijk vallen een deel van deze grovere trajecten samen. Dit zou dan wijzen op een grofklastische influx die mogelijk te correleren is met een zeespiegeldaling.

5.2 Parasequentie 3 (Pa3)

Deze serie afzettingen wordt aan de onderzijde begrensd door de dubbele, hoge piek in de gammawaarden. De bovenzijde wordt gevormd door het landoppervlakte/zeebed. De grootste dikte van deze Pa3 loopt op tot meer dan 1600 meter op het NoCP. Op het NCP is de dikte maximaal 1200 meter (Put A18-2).

6 Interpretatie

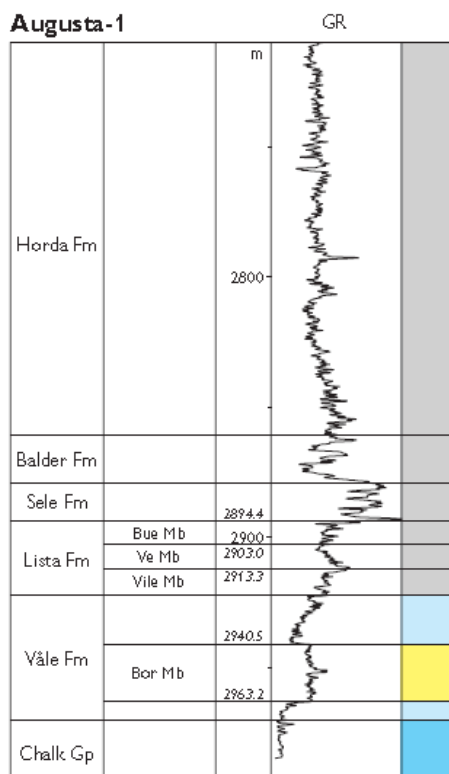
6.1 Parasequentie 1

In figuur 6.3 kaart zijn de isopachen weergegeven van de afzettingen van parasequentie 1. Deze afzettingen zijn door de ligging onder de tuffen die het vulkanisme markeren op de grens tussen het Paleoceen en het Eoceen te dateren op Paleoceen. De afzettingen zijn over het algemeen minder dan 60 meter dik. Er is een op een aantal plekken een grotere dikte doorboord. Deze grotere dikten zijn aanwezig in mogelijk dalingsbekkens. Nabij de noordflank van het Massief van Brabant bevindt zich zo'n dalingsbekken wat met name in het tijdvak Paleoceen tot vroeg-Oligoceen belangrijk is geweest. Op basis van de indeling in Denemarken en de gamma-metingen kan er mogelijk een meer nauwkeurige indeling van de afzettingen worden gemaakt.

6.1.1 Datering afzettingen

In *Lithostratigraphy of the Palaeogene–Lower Neogene succession of the Danish North Sea* (Ineson, 2007) wordt op basis van lithologie en gamma metingen een indeling weergegeven van het Paleoceen van het deense deel van de Noordzee (DCP).

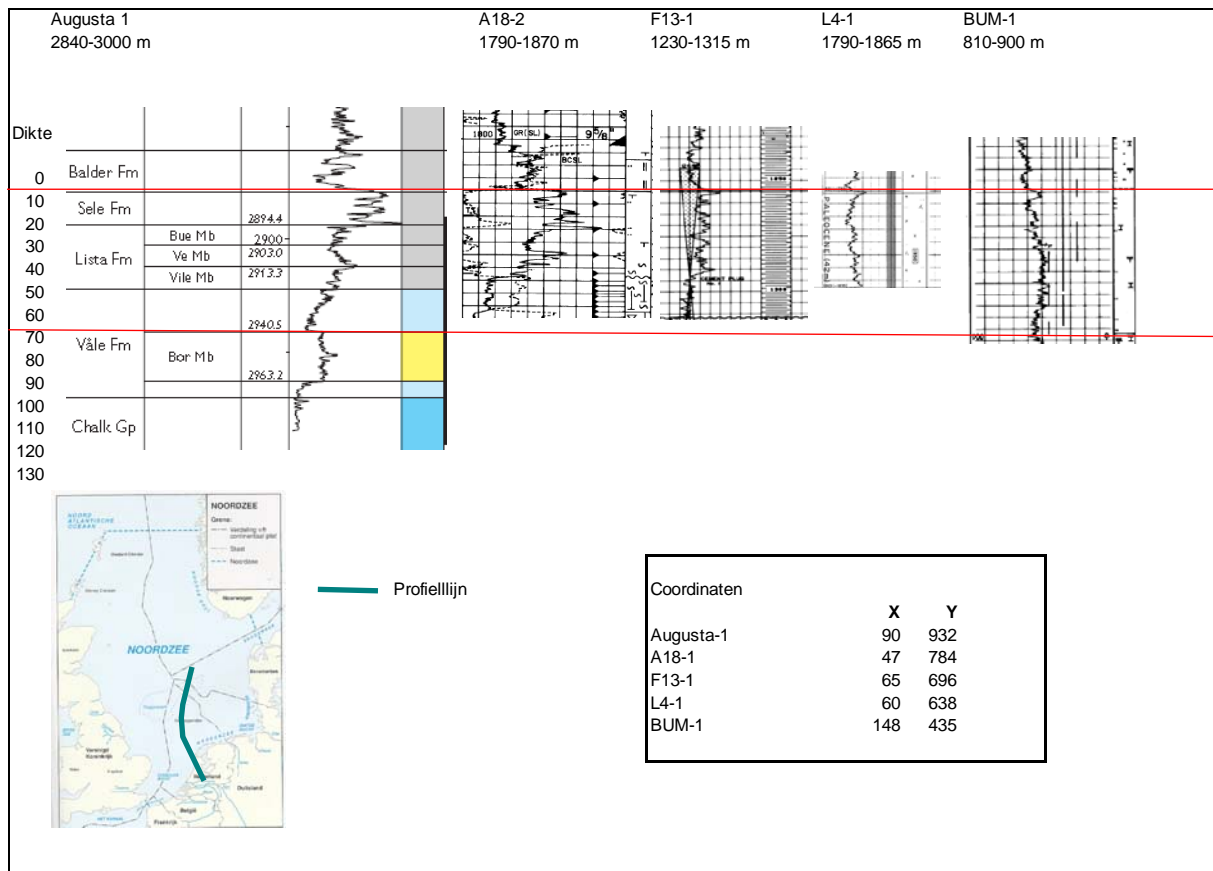
6.1.2 Gammabeelden



Figuur 6-1 Boorkolom Augusta-1

Boring Augusta-1 (pagina 29, Ineson) heeft boven de Chalk-group mergels van de Våle-Formatie met een ingeschakelde zandlaag (Bor member). Hierboven ligt de kleirijke Lista Formatie met oplopende gammawaarden. Aan de top van de Lista formatie ligt een gamma-piek waarboven de Sele formatie ligt met hoge gammawaarden. Boven de Seleformatie ligt de Balderformatie, een over de gehele Noordzee voorkomende afzetting met vulkanische tuffen. Ze is in het gammabeeld herkenbaar door een terugval van de gammawaarden.

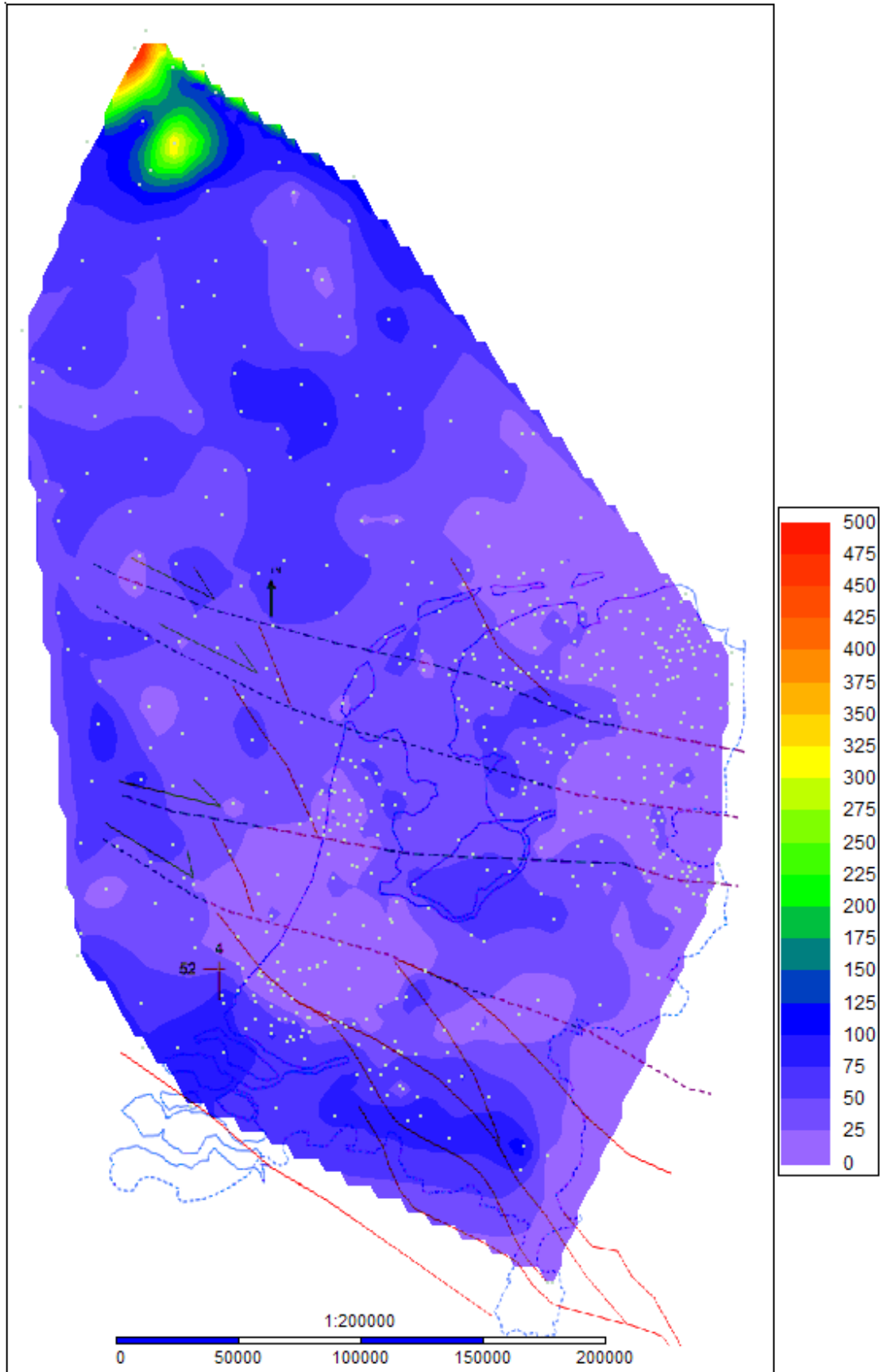
Deze opeenvolging in de gammalog is terug te vinden in de gammalogs van het Nederlands deel van het Continentale Plat (NCP)



Figuur 6-2 Vergelijk gammaprofielen

Het in Augusta-1 aangetroffen gammaverloop wordt eveneens aangetroffen in de boringen A18-2 en F13-1. De piek op de grens van de Seleformatie en de Balderformatie wordt tot in BUM-1 aangetroffen. De zanden van de Våleformatie, die gecorreleerd worden met turbidietstromen komen nauwelijks voor onder het NCP. In een zuidelijker gelegen put (KDK-1) worden wel zanden aangetroffen op het niveau van de Bor-member. De grotere dikte van het Paleoceen in de dalingsbekkens op de onderstaande diktekaart zou hiermee mogelijk te correleren zijn met dikkere Mid-Paleocene (turbidiet?) afzettingen. De datering van de afzettingen is in Ineson (2007) op Selandien (onderzijde Våleformatie), Thanetien (Listaformatie) tot begin Vroeg-Eoceen (Seleformatie) gesteld.

Dikte Paleocéen [m]



Figuur 6-3 Paleocéen diktekaart

6.1.3 Kaartbeeld

Het kaartbeeld van de Paleocene afzettingen is redelijk uniform. Wel lijkt er visueel een verband te bestaan tussen de Paleozoïsche breuken en de dikte van de Paleocene afzettingen. Opgemerkt moet worden dat in het Laat-Eoceen de verschillende blokken waarschijnlijk ten opzichte van elkaar verschoven zijn. Ten noorden van het Elbe lineament is er een duidelijke diktetoename te zien. Ten westen van de Peelrandbreuk is de afzetting dikker dan ten oosten.

6.2 Parasequentie 2

Isopachen van afzettingen die gevonden worden in Pa2 worden weergegeven op figuur 6.4 en 6.5. De onderzijde van deze Pa2 wordt gekenmerkt door de sterke afname van de gammawaarden en het voorkomen van tuffhoudende kleien. De bovenzijde wordt gekenmerkt door een sterke toename van de gammawaarden met een vaak opvallende dubbele piek. Binnen de Pa2 is de het gammaverloop in de onderste stugge kleien weinig variërend. Indien een fijnzandig pakket voorkomt wordt dit gekenmerkt door een lichte toename van de gammawaarden. De daarboven liggende kleien hebben een iets hogere gammawaarde dan de onderliggende kleien. Indien het fijnzandige traject ontbreekt is de overgang tussen beide kleipakketten subtiel en soms niet terug te vinden. Het bovenste deel van de Pa2 bestaat uit zandige kleiig en/of mergelhoudende klei. Soms is er een dun zandpakket te vinden. In de gammawaarden is sprake van een kleine, brede gammapiiek.

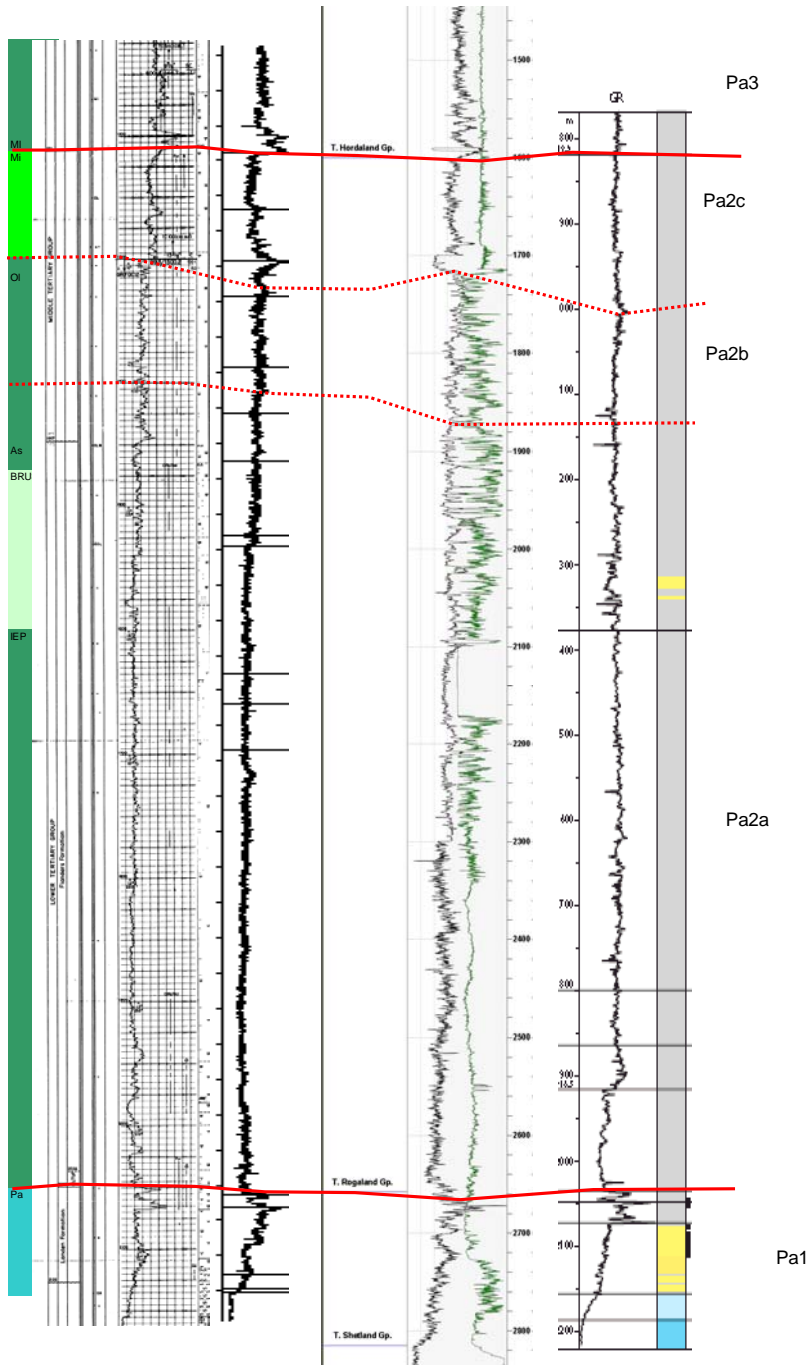
6.2.1 Datering afzettingen

De datering van de afzettingen ligt tussen Eoceen en Oligoceen te dateren. De tuffen onderin zijn te dateren op ongeveer 53 Ma (o.a. Ziegler, 1988). De gammapieken (die zelf steriel zijn in de NCP boring E2-1) die de aanvang van Pa3 markeren worden in de NCP put E2-1 op basis van microfauna gedateerd op Mid-Mioceen. Met name de foraminifeer *Asterigina staeschei* markeert de top van Pa2. Dit is op het NCP zone FD, op het NoCP de top van de Hordaland groep. Deze top valt samen met de Mid-Miocene Unconformity (MMU) en is te dateren op 12,8 Ma. Hiermee bevat deze parasequentie flora en faunabeelden uit een groot deel van het Tertiair.

6.2.2 Gammabeelden

Van 5 putten op het midden van de Noordzee zijn de gammabeelden naast elkaar gezet (figuur 6-4). De gammapieken van de Pa1 zijn duidelijk herkenbaar. De dubbele piek bovenin de belden die de onderzijde van de Pa3 markeren eveneens. Op ongeveer 100 tot 150 meter onder de top van de Pa2 is een kleine piek te vinden in de meeste gammabeelden. De lithologie bevat onder deze piek soms wat meer mergel en/of carbonaathoudende klei. Het deel onder deze kleine piek wordt als Pa2b ingeschat, te dateren op Oligoceen (NCP, put E2-1). Het deel boven deze piek wordt op Mioceen ingeschat. Nog lager in de gammabeelden komt een tweede kleine piek voor die de grens vormt van sequentie Pa2a en Pa2b. Deze Pa2b kan worden gecorreleerd met het Oligoceen. Binnen het Eoceen wordt, indien het fijnzandige deel wordt aangetroffen, een verdere onderverdeling gemaakt in Klei van Ieper, Zand van Brussel en Klei van Asse en hun mogelijke equivalenties.

Nederland Put A18-2	Denemarken Put Kim-1	Put Mona-1	Noorwegen Put 2/2-1	Denemarken Put Siri-1
------------------------	-------------------------	------------	------------------------	--------------------------



Figuur 6-4 Gammabeelden Parasequentie 2

6.2.3 Kaartbeelden

6.2.3.1 Diktekaart Eoceen

De dikte van het Eoceen wordt sterk beïnvloed door breukwerking. Uit de profielen die gemaakt zijn als onderlegger voor deze studie komt naar voren dat de deelafzettingen van Pa2a niet opvallend verdikken ter weerszijden van de voorkomende breuken. Wel zijn er dikteverschillen tussen het gehele pakket van de Pa2a. Hieruit kan volgen dat pas na de afzetting van de Pa2a breukbewegingen zijn geweest. Hierdoor zijn op de verschillende tectonische eenheden de Pa2a afzettingen opgeheven of gedaald. Hierna heeft erosie plaatsgevonden waardoor de Pa2a afzettingen zijn afgevlakt. Op deze vlakte is later de Pa2b parasequentie afgezet. Dit impliceert wel dat eerst de Pa2a op de NCP is afgezet met een dikte tot 640 meter. Vervolgens is er een opheffingsfase geweest die lokaal meer dan 440 meter heeft bedragen. Vervolgens moet het grootste deel van de tectonische blokken boven de zeespiegel zijn komen te liggen. Hierop volgde erosie. Deze tectoniek is te correleren met de Pyrenische fase van de alpine gebergtevorming (o.a. Vandenberghe, 2004).

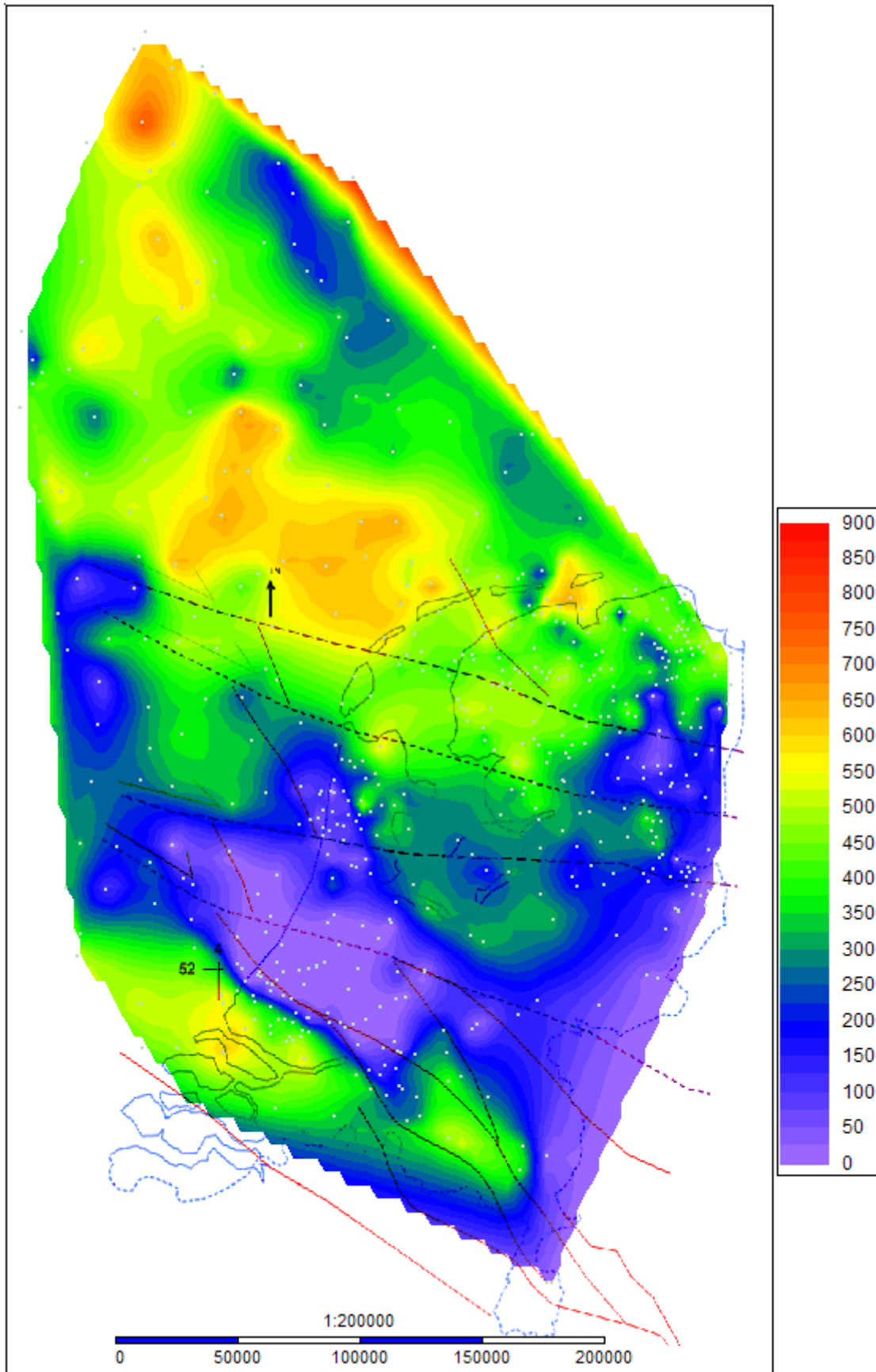
Uit het kaartblad komt naar voren dat via een NNW-ZZO gericht breukpatroon de Eocene afzettingen ten opzichte van elkaar gedaald zijn, vervolgens zijn de verschillende blokken via W-O gerichte transversale breuken ten opzichte van elkaar verschoven. Een van de NNW-ZZO gerichte breuken waarlangs de grootste spronghoogte plaatsvindt (deze is in Zuid-Nederland equivalent aan de Peelrandbreuk) is mogelijk in totaal 260 km verschoven over een viertal breuken. Het voorkomen van de breuken wordt nader beproven in hoofdstuk 7.

De dalingsas vlak ten noorden van het Massief van Brabant is actief gedurende het gehele Eoceen.

6.2.3.2 Diktekaart Oligoceen

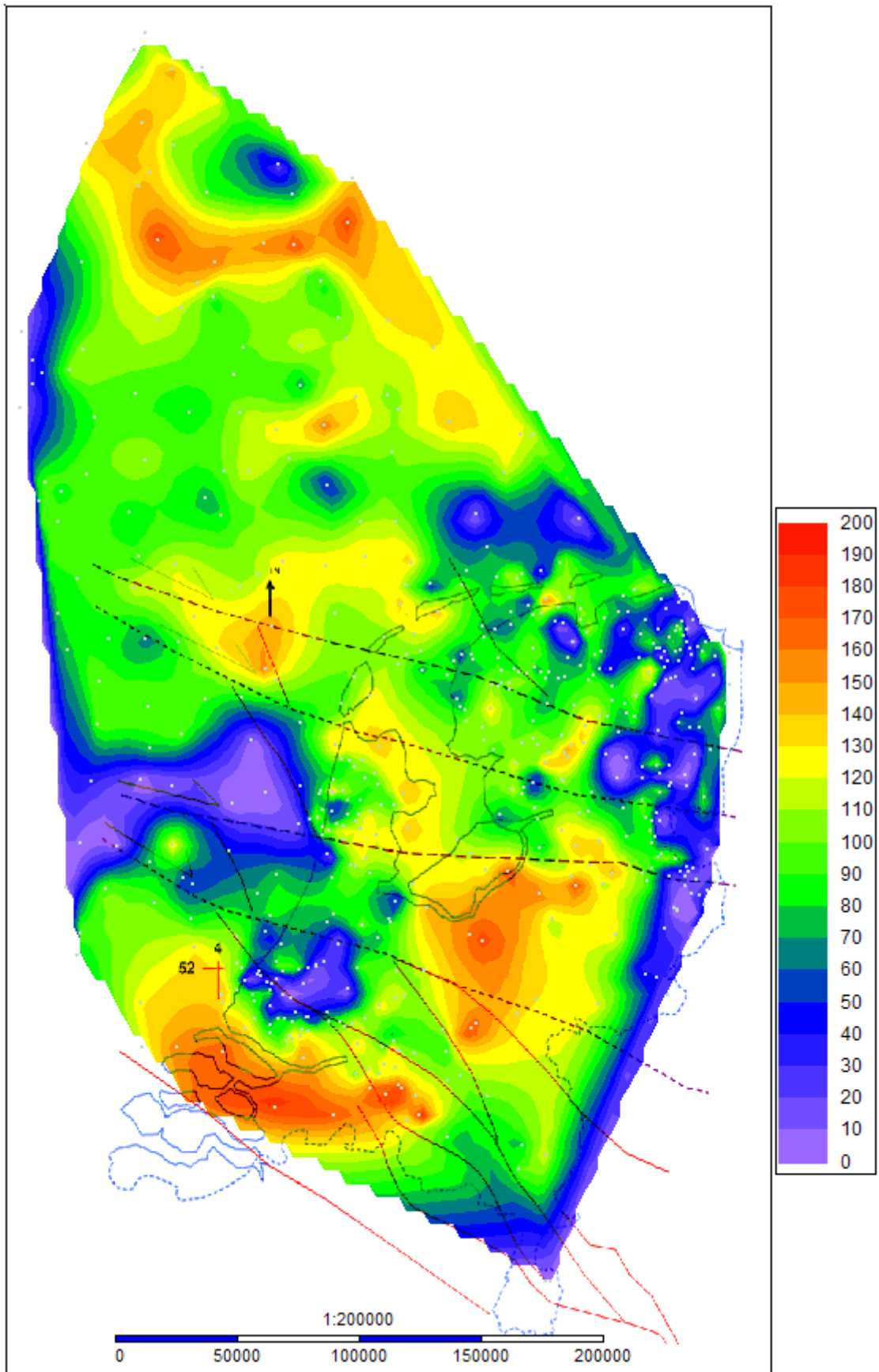
De afzettingen van de Pa2b zijn opvallend uniform van dikte. Op figuur 6-6 is te zien dat over het algemeen de dikte tussen de 75 en de 125 meter ligt. Alleen bij de zuidelijke dalingsas en langs NNW-ZZO gerichte dalingsas in de Noordzee komen grotere dikten voor. Een opvallend dalingsbekken wordt gevonden nabij boring AHM-1 (Arnhem). Dit bekken is een deel van een Oligoceen dalingsbekken wat meer naar het zuidoosten eveneens actief was (Nickel, 2003).

Dikte Eoceen [m]



Figuur 6-5 Eoceen dikte en laat-Eoceen breukpatroon

Dikte Oligoceen [m]



Figuur 6-6 Oligoceen dikte

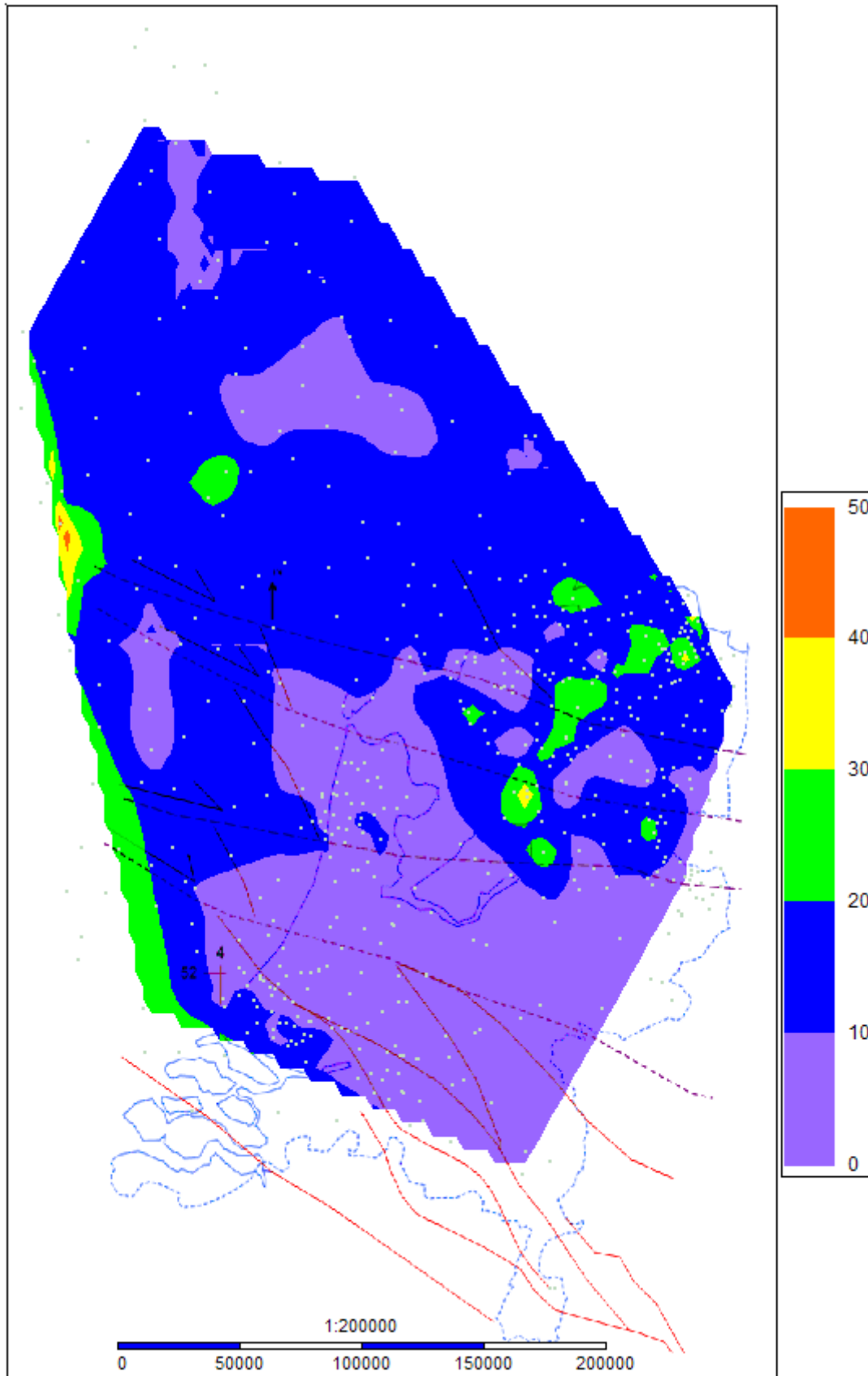
6.2.3.3 *Aparte sequenties Eoceen*

In sommige delen van Pa2a, de Eocene afzettingen komt een fijnzandig traject voor. In het zuiden van het onderzoeksgebied staan deze zanden bekend als de Zanden van Brussel. Indien ze voorkomen kan het Eoceen worden onderverdeeld in een drietal sequenties: onderin de Klei van Ieper, daarboven de Zanden van Brussel en bovenin de Klei van Asse. Figuur 6-8, 6-9 en 6-10 geven op die plaatsen waar de verschillende delen te onderscheiden zijn een dikteverloop. Figuur 6-7 geeft het voorkomen en de dikte weer van de tuffhoudende kleien onderin de Eocene afzettingen. Deze laatste staan op het NoCP en het DCP bekend als de Balderformatie. Ze bereikt op het NCP de meest zuidelijke verspreiding.

Op figuur 6-8, de dikte van de Ieperkleien is te zien dat tijdens dit deel van het Eoceen de zuidelijke dalingsas nog steeds actief was. De klei van Ieper wordt zuidelijk tot voorbij Brussel gevonden. Figuur 6-9, de zanden van Brussel zijn met name te vinden langs de rand van het bekken. Dit wijst op meer kustnabije omstandigheden. Dit impliceert dat de Zanden van Brussel zijn afgezet na een grotere zeespiegeldaling, mogelijk de grens van het Ieperien en Lutetien. Een voorkomen is gerealeerd aan het hooggelegen Massief van Brabant, een ander met een hooggelegen deel van de Noordduitse Laagvlakte. Op de Noordzee (K en L blok) is nog een klein voorkomen, misschien te relateren aan een hooggelegen deel van het UK. De klei van Asse komt weinig voor, Mogelijk is ze voor een groot deel geerodeerd in het Laat-Eoceen.

Dikte Eoceen [m]

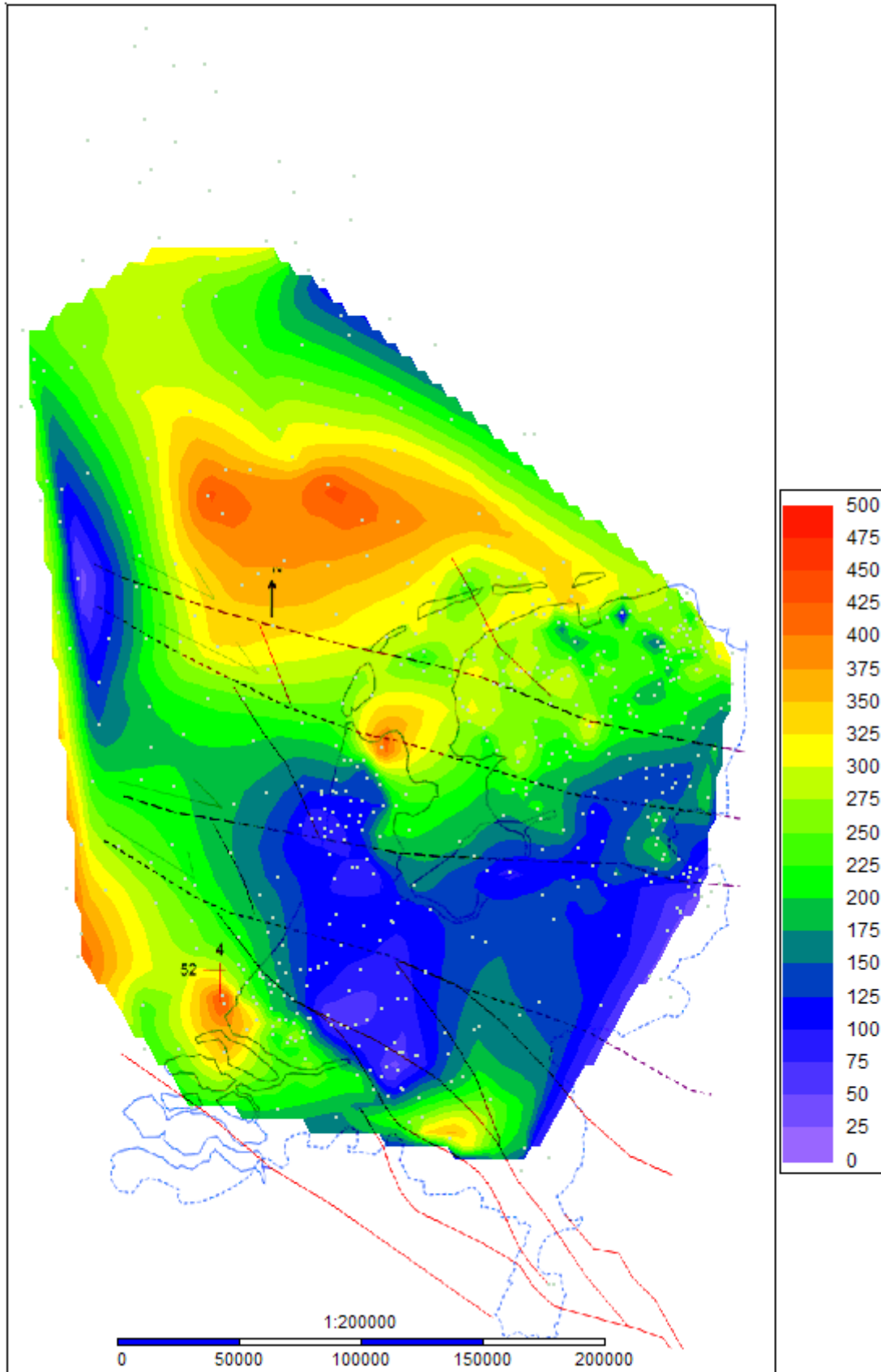
Basistuff



Figuur 6-7 Eoceen dikte tuff

Dikte Eoceen [m]

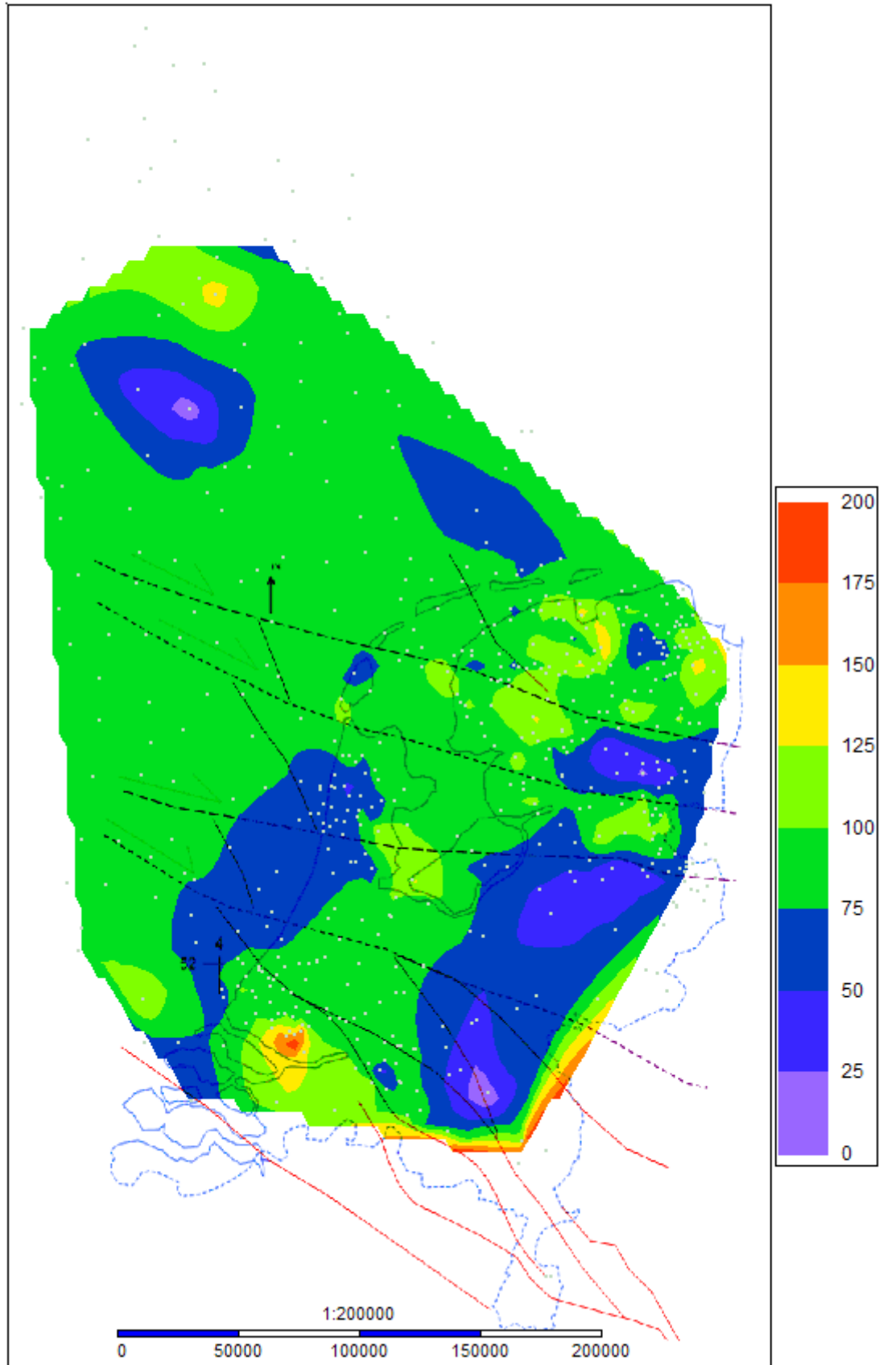
leperklei



Figuur 6-8 Eoceen dikte leperklei

Dikte Eoceen [m]

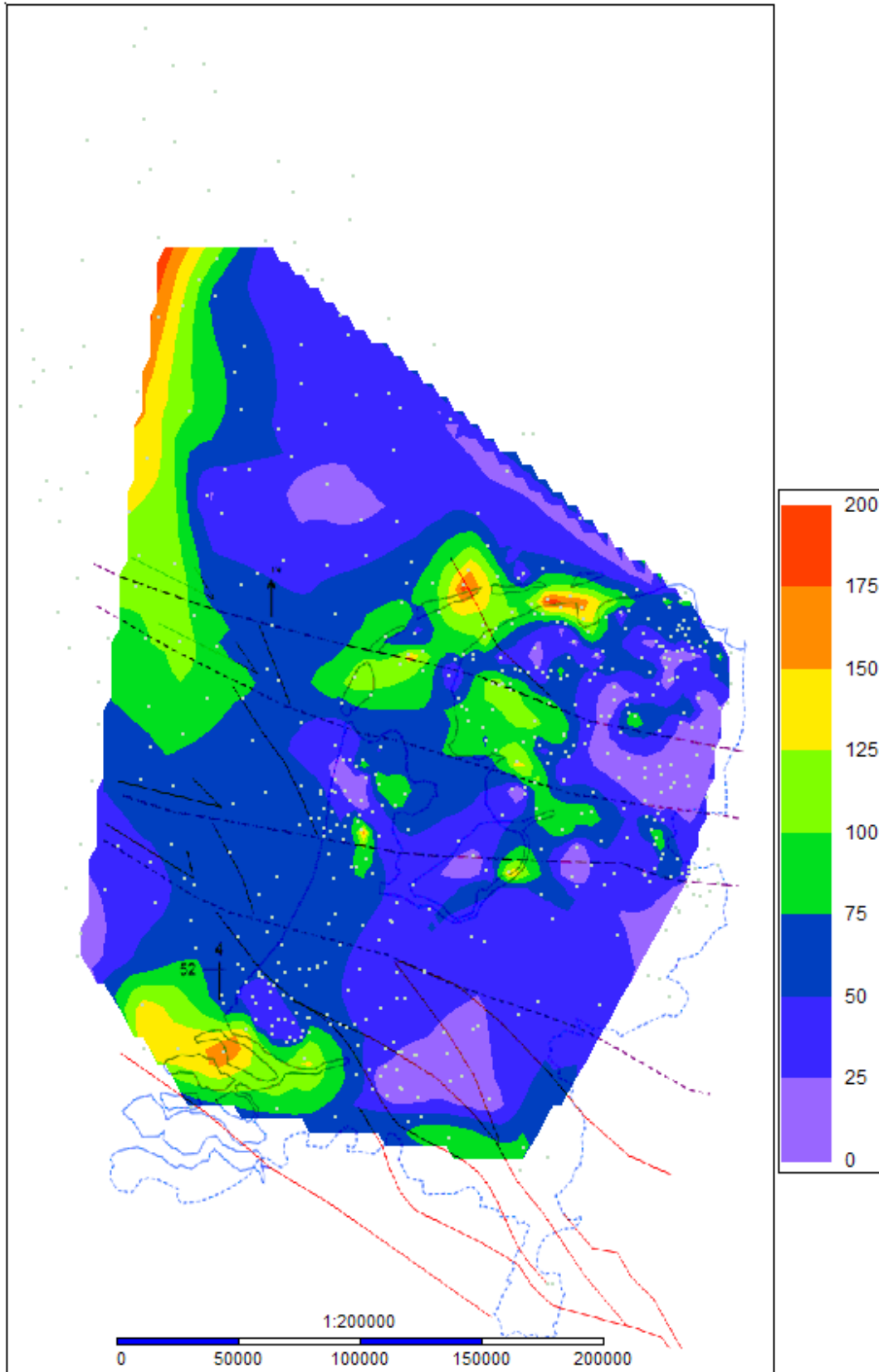
Brusselzand



Figuur 6-9 Eoceen dikte Brusselzand

Dikte Eoceen [m]

Asseklei



Figuur 6-10 Eoceen dikte Asseklei

6.3 Parasequentie 3

Deze parasequentie kenmerkt zich door een gammabeeld wat grote pieken en dalen kent. Hiernaast zijn de afzettingen grover ontwikkeld en komen zand trajectengeregeld en in grotere dikte voor. De Pa3 bestaat voor een deel uit de afzettingen van na de iNHG (begin van de vergletschering van het noordelijk halfrond), een sequence boundary waarboven de laat-Pliocene en Pleistocene afzettingen worden gevonden. Onder deze lijn kan de dikte van de afzettingen variëren van een tiental meter tot meer dan 700 meter. Tot deze afzettingen behoren bijvoorbeeld de bruinkoolafzettingen in de Nederrijnbocht. Het deel onder de iNHG wordt als Pa3a gekarteerd. Voor de afzettingen boven deze lijn (Pa3b) wordt verwezen naar de rest van de [website](#).

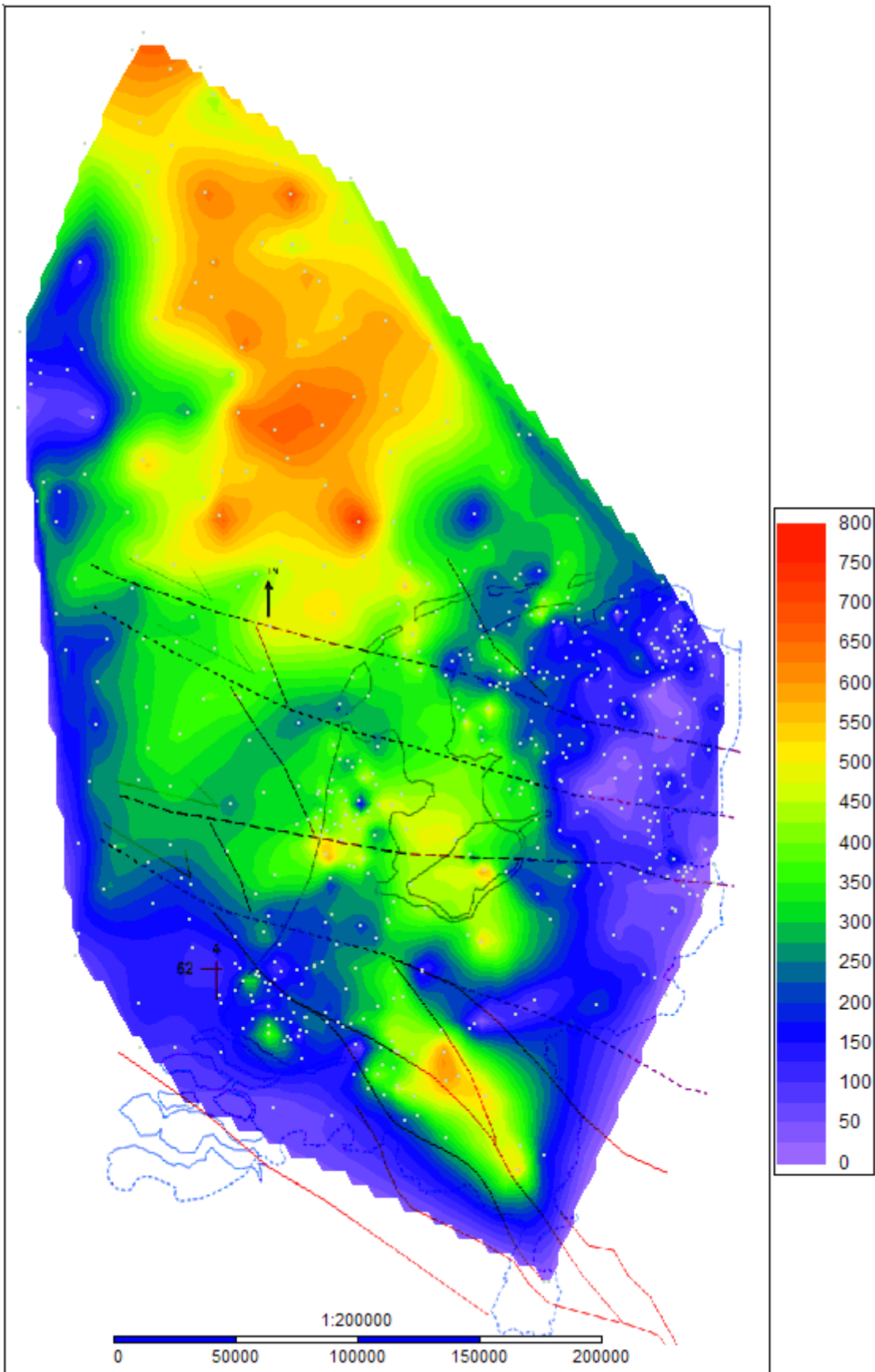
6.3.1 Datering van de afzettingen

De afzettingen van Pa3 zijn te dateren op midden-Mioceen tot recent. In de flora- en faunahoud komen koude-minnende soorten meer en meer voor, een indicatie van de klimaatverandering van het warm-gematigde vroeg-Tertiair naar de wereld met ijstijden.

6.3.2 Kaartbeeld

Het Mioceen wordt gekenmerkt door het beeld van de vulling van het zuidelijk deel van de Noordzee. De algemene trend is een diktename van de afzettingen naar het centrum van het bekken toe. Dit is weergegeven in figuur 6-11. Hierin is nog een drietal NNW-ZZO gerichte dalingsassen te zien. Deze zijn ten opzichte van elkaar versprongen waarbij de suggestie aanwezig is dat deze verspringing veroorzaakt is door de laat-Eocene transversale breuken. Dit impliceert dat de reden dat er een dalingsas bestaat (bijvoorbeeld een opwelling in de zeer diepe ondergrond) mede verschoven is. De transversale breuken zouden dan door de aardkorst heensnijden. Een vierde dalingsas lijkt te ontstaan aan de noordzijde van het kaartbeeld. Deze heeft een afwijkende NO-ZW richting. De verschillen in dikte kunnen in de dalingsassen aanzienlijk zijn. In boring SMG-1 (sint Michelsgestel) zijn de afzettingen van Pa3a mogelijk 870 meter dik. Deze dikte wordt mede veroorzaakt door afzettingen die aan de Zanden van Inden en/of de Zanden van Diest te relateren zijn. Op het NoCP worden in deze sequentie de Utsirazanden aangetroffen. Hier zijn dikten voor de Pa3a sequentie angetroffen van meer dan 700 meter.

Dikte Mioceen [m]



Figuur 6-11 Mioceen dikte en dalingsassen

7 Discussie

7.1 Algemeen

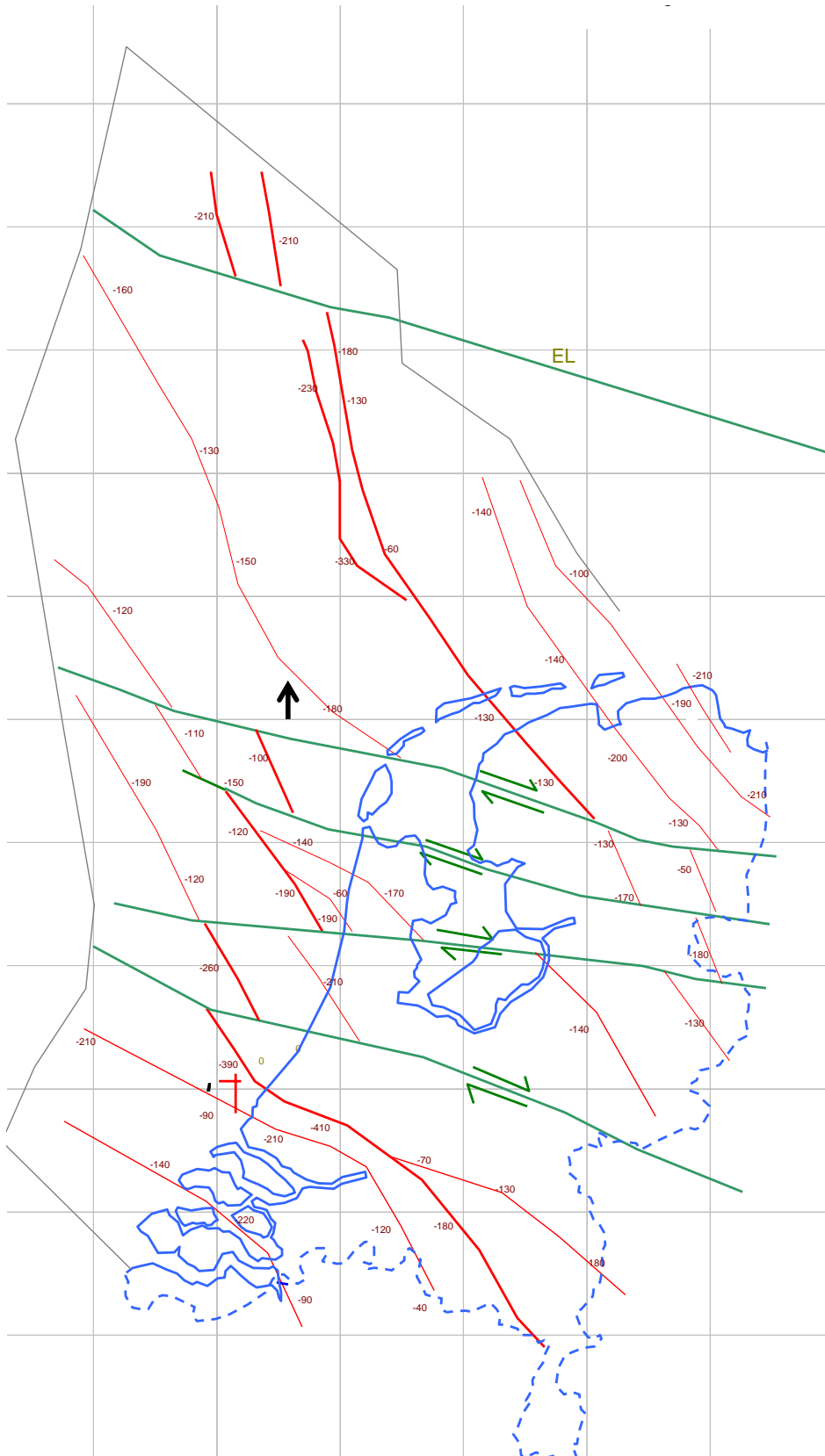
Uit het dikteverloop van de drie sequenties komt een beeld naar voren dat uitgaande van de tektonische structuur van de zuidelijke Noordzee verschillende invloeden in het Tertiair en Kwartair zijn opgetreden. Deze worden chronologisch behandeld

7.2 Fase 1

Fase 1 volgt op de afzettingen die nog tot het Krijt worden gerekend. Eerst worden nog kalkige mergels en kleien afgezet die onder(in) Pa1 worden aangetroffen. Dan wordt de kalkafzetting vervangen door sliciklastische sedimenten. Dit kan worden mogelijk gerelateerd aan het opheffen van de diverse regio's om de Noordzee. Fase 1 wordt afgesloten door het ontstaan van de Mid-Atlantische spreidingsrug en het daaraan gelieerde vulkanisme.

7.3 Fase 2

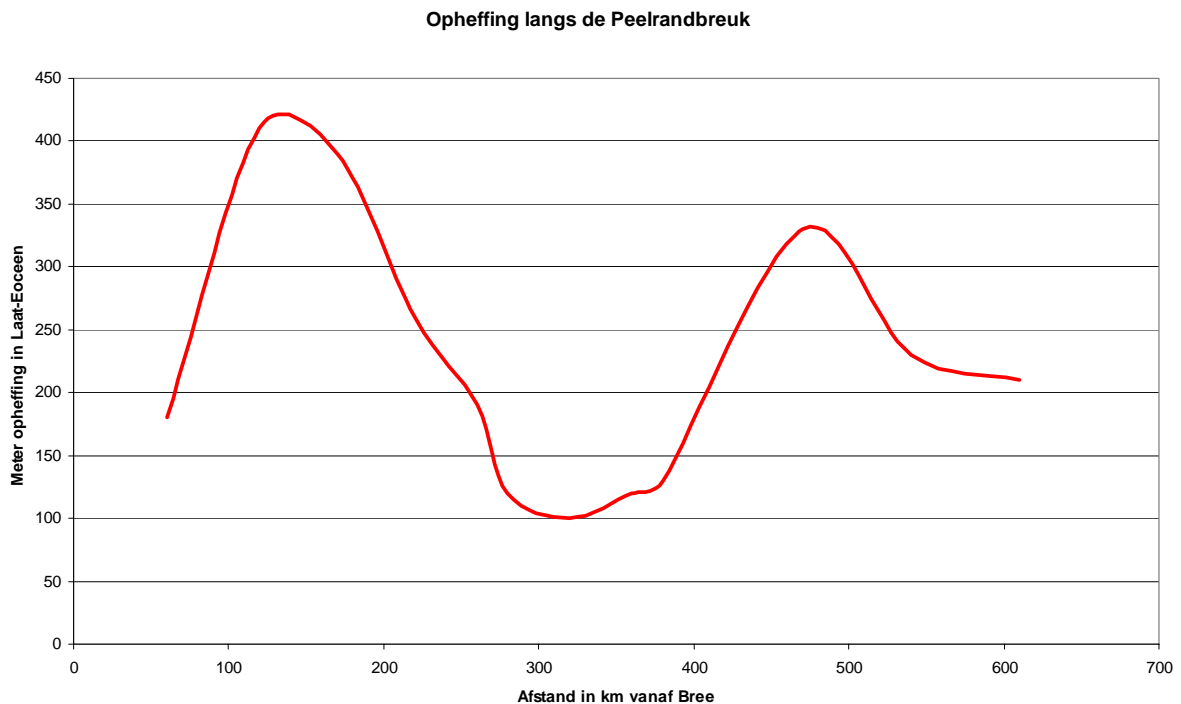
Deze fase vangt aan met de tuffhoudende kleien. Hierna is er sprake van een rustige sedimentatie van siliciklastische sedimenten in een diep-mariene omgeving. Op basis van de dikte en de afzettingstijd van de sedimenten kan een afzettingssnelheid van ongeveer 30 meter per 1.000.000 jaar worden berekend. De fijnzandige influx in Pa2a zou dan te berekenen zijn op Lutetien, de klei onderin op Ieperien en de klei bovenin op Bartonien-Priabonien. Tijdens deze fase vindt er daling plaats van de verschillende Eocene sequenties langs NNW-ZZO gerichte breuken, meer nabij het Massief van Brabant langs NW-ZO gerichte breuken. Aan het eind van Fase 2 verandert mogelijk de drukrichting (onder invloed van de Alpiene gebergtevorming?) waardoor zeer oude en diepe W-O breuken als transversale breuken gaan werken waardoor bijvoorbeeld de Peelrandbreuk mogelijk 260 kilometer is verschoven. Deze transversale breuken zijn eveneens gevonden onder het DCP, het NoCP en in Noord-Duitsland. Het zouden onderdelen kunnen zijn van Caledonische structuren. Naast de transversale beweging zijn sommige blokken opgeheven ten opzichte van naastgelegen blokken. De aldus ontstane structuur is van belang voor de lokatie van olie- en gasvoorkomens. Op de onderstaande kaart zijn de grote breuken aangegeven met de sprong in de dikte van de Pa2a afzettingen. De spronghoogte staat in het laagste blok.



Figuur 7-1 Eocene breuksprong

7.3.1 Spronghoogte naast de Peelrandbreuk

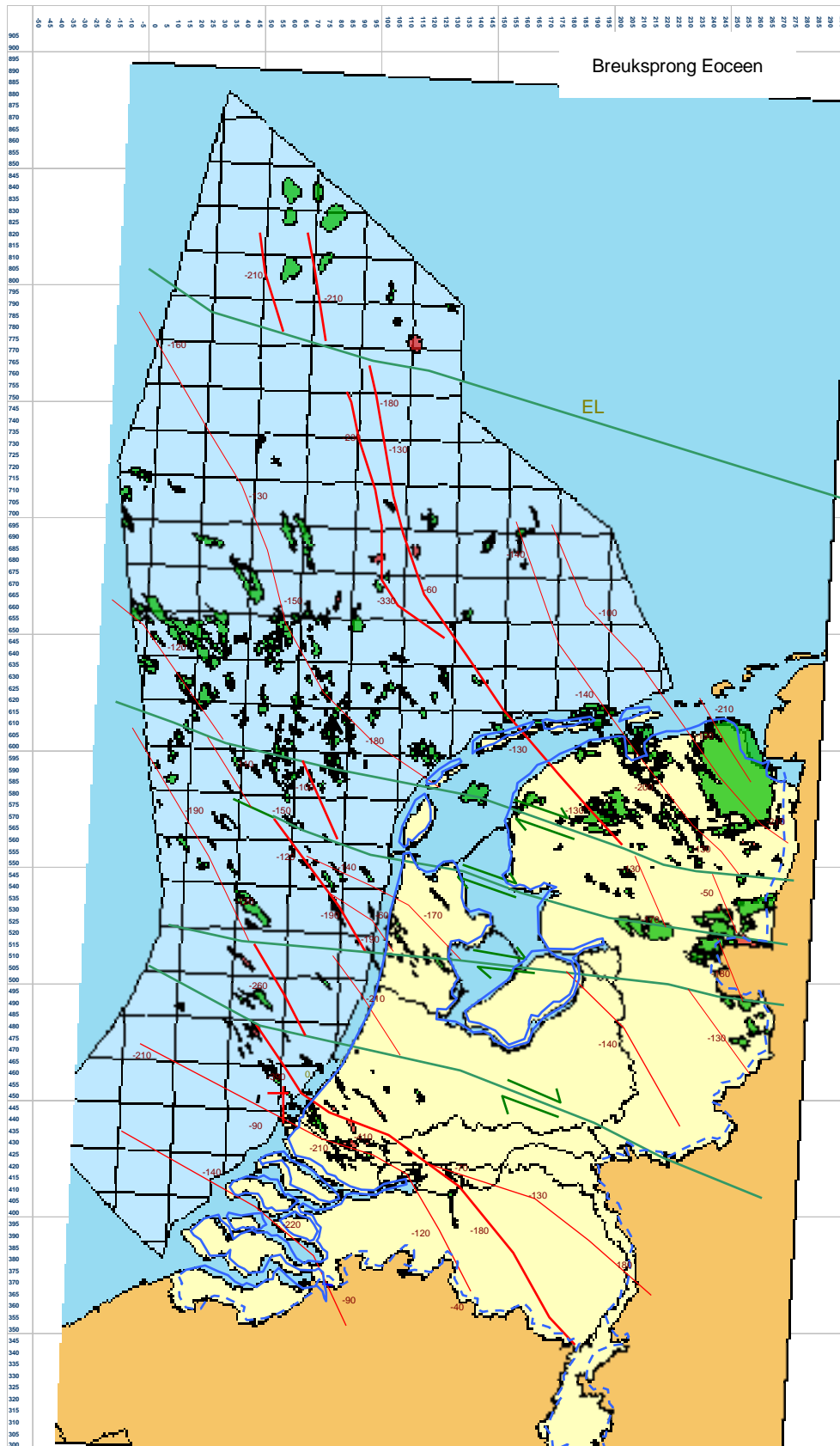
Indien de spronghoogte grafisch wordt uitgezet langs de strekking van de Peelrandbreuk vanaf De Limburgse grens met Brabant is duidelijk te zien dat er twee pieken van opheffing zijn. Een piek op 120 km valt samen met de olieproducerende velden nabij IJsselmonde, Rotterdam, de tweede piek op 480 km met oliehoudende velden in blok K17 en K18 op de Noordzee. Mogelijk is dit toeval.



Figuur 7-2 Breuksprong naast Peelrandbreuk

7.3.2 Correlatie van Olie- en Gasvoorkomens met het Eocene breukpatroon.

Combinatie van de Eocene breukenkaart met de geproduceerde kaarten met olie- en gasvoorkomens laat een intrigerende samenhang zien. Met name de drie transversale breuken in Noord-Nederland lijken een rol te spelen bij het voorkomen van olie en gas. Het grote aardolieveld van Schoonebeek ligt duidelijk op de middelste transversale breuk. Gezien het feit dat deze breukenkaart op een beperkt aantal geanalyseerde boringen is gemaakt kan een meer nauwkeurige kartering mogelijk helpen bij de exploratie van olie- en gasvoorkomens. Deze kaart is opgenomen als figuur 7-3.



Figuur 7-3 Correlatie breuken met O&G voorkomens

8 Conclusie

Uitgaande van de dikte en de diepteligging van Paleogene en Vroeg-Neogene afzettingen is te concluderen dat in het Eoceen een tektonische fase heeft plaatsgevonden waarbij delen van de zuidelijke Noordzee transversaal verschoven zijn. Hiernaast heeft de spronghoogte langs breuken mogelijk 430 meter bedragen. Mogelijk is de Peelrandbreuk in totaal 260 km verschoven. Hierdoor is een van de dalingsassen verbroken waardoor het grote Eocene dalingsbekken in het Mioceen uit drie bekkens bestond. Hiermee heeft deze Eocene tektonische fase de afzetting van Mioceen en daarna Plio-Pleistocene sequenties beïnvloed.

9 Referenties

De Man, E.	2006	Benthic foraminifera biofacies analysis and stable isotopes of the Middle Eocene to Oligocene successions in the southern North Sea Basin. Tools for stratigraphy and for reconstruction of extreme climate changes.	Unpublished Ph-D Thesis, University of Leuven, Belgium, 375 pp., 19 plates
Ineson J.,	2007	Lithostratigraphy of the Palaeogene –Lower Neogene succession of the Danish North Sea	Geol. Surv. Den. Green. Bull. 12, 77 pp
Isaksen, D.	1989	A revised Cretaceous and Tertiary lithostratigraphic nomenclature for the Norwegian North Sea	Bulletin 5 deel 1&2, Oljedirektorat
Keizer, J. & Letsch, W.J.,	1963	Geology of the Tertiary of The Netherlands.	Verhandelingen Koninklijk Nederlands Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap 21 (2): 147–172.
Letsch, W.J. & Sissingh, W.	1983	Tertiary stratigraphy of the Netherlands	Geologie en Mijnbouw 62: 305–318
Lyngsie, S	2006	Regional geological and tectonic structures of the North Sea area from potential field modelling	Tectonophysics 413 (2006) 147–170
Nickel, E	2003	Oligozäne Beckendynamik und Sequenzstratigraphie am Südrand des Nordwesteuropaisches Tertiärbeckens	Dissertation, Bonn
Schiøler	2007	Lithostratigraphy of the Palaeogene – Lower Neogene succession of the Danish North Sea	Geological Survey of Denmark and Greenland, Bull. 12
Van Staalduinen, C.J., et al	1979.	The geology of the Netherlands	Mededelingen Rijks Geologische Dienst 31: 9–49.
Vandenberghe N, et al	2004	Stratigraphic architecture of the Upper Cretaceous and Cenozoic along the southern border of the North Sea Basin in Belgium	Netherlands Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw 83 (3): 155-171
Wong, Th	2007	Geology of the Netherlands	Edited by Th.E. Wong, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007: 151–171
Zagwijn, W.H.,	1989	The Netherlands during the Tertiary and the Quaternary: a case history of coastal lowland evolution.	Geologie en Mijnbouw 68: 107–120.
Ziegler, P.A.,	1988	Evolution of the Arctic-North Atlantic and the western Tethys: AAPG	Memoir, v. 43, Tulsa, Okla., 198 pp.

10 Inhoud

1	Samenvatting	1
1.1	Summary	1
2	Introductie	2
2.1	Inleiding	2
2.2	Doel van de notitie	2
3	Eerder onderzoek	3
3.1	Afzettingen	3
3.2	Tektoniek	3
4	Methode	4
4.1	Gebruikte gegevens	4
4.2	Selectie van de boringen	4
4.3	Interpretatie van de gegevens	4
4.4	Toepassing van de gegevens	5
4.5	Gegevensbronnen	5
5	Gegevens	6
5.1	Afzettingsindeling	6
5.2	Parasequentie 3 (Pa3)	6
6	Interpretatie	7
6.1	Parasequentie 1	7
6.2	Parasequentie 2	10
6.3	Parasequentie 3	20
7	Discussie	22
7.1	Algemeen	22
7.2	Fase 1	22
7.3	Fase 2	22
8	Conclusie	26
9	Referenties	27
10	Inhoud	28
11	Figuren	29

11 Figuren

Figuur 6-1 Boorkolom Augusta-1	7
Figuur 6-2 Vergelijk gammaprofielen	8
Figuur 6-3 Paleoceen dikte en dalingsassen	9
Figuur 6-4 Gammabeelden Parasequentie 2	11
Figuur 6-5 Eoceen dikte en laat-Eoceen breukpatroon	13
Figuur 6-6 Oligoceen dikte en dalingsassen	14
Figuur 6-7 Eoceen dikte tuff	16
Figuur 6-8 Eoceen dikte leperklei	17
Figuur 6-9 Eoceen dikte Brusselzand	18
Figuur 6-10 Eoceen dikte Asseklei	19
Figuur 6-11 Mioceen dikte en dalingsassen	21
Figuur 7-1 Eocene breuksprong	23
Figuur 7-2 Breuksprong naast Peelrandbreuk	24
Figuur 7-3 Correlatie breuken met O&G voorkomens	25

^a Afkortingen voor de lokaties: NCP = Nederlands Continentaal Plat, DCP = Deens Continentaal Plat, NoCP= Noors Continentaal Plat