

# Tectonische verschijnselen in de Zuidelijke Noordzee

## Inleiding

De Nederlandse ondergrond is uitgebreid onderzocht aan de hand van vele duizenden boringen. Bij deze onderzoeken kwam al snel het inzicht dat er tussen diverse boringen breuken moesten bestaan die lokaal de Neogene afzettingen hebben verzet.

Een aantal breuken is zelfs vandaag de dag nog in het terrein herkenbaar als een steilwandje of een duidelijke verhoging. De Peelrandbreuk bij Uden is hiervan een goed voorbeeld.

Andere breuken zijn alleen te herleiden uit een nauwgezet vergelijk van de diepteligging van horizontaal afgezette lagen. Dit laatste kan snel leiden tot een afwijkende interpretatie van de doorgaandheid van horizontale lagen bij het aanhouden van afwijkende criteria.

In het type afzettingen wat in het Neogeen van Nederland zijn afgezet (kustnabije/deltaïsche afzettingen) is het moeilijk om een echt horizontaal afgezette laag over grotere gebieden te vervolgen.

In 1913 produceerde o.a. Molengraaf (Molengraaf, 1913) een tectonische schetskaart van Nederland waarbij een van de uitgangspunten blijkbaar de huidige topografie was. Er werd bijvoorbeeld een Veluwe-Horst getekend. Wel was de Peelhorst al redelijk nauwkeurig bekend door de activiteiten van de opsporing van steenkool.

In 1975 werd door de RGD (Zagwijn, 1975) een ondiepe breukenkaart gepubliceerd die een overzicht gaf over geheel Nederland. Er was al langer bekend dat de diepere ondergrond doorsneden werd door een groot aantal breuken, maar de algehele indruk was dat slechts een beperkt aantal (o.a. de Peelrandbreuk en de Feldbiss) in de jongere lagen nog een significant verzet kenden. Deze kaart was nog verre van compleet en bevatte nog veel vraagtekens.

De laatste jaren is mede door het voorkomen van een aantal relatief grote aardbevingen de interesse voor het voorkomen van ondiepere breuken toegenomen. Voorts is er stilaan de notie gegroeid dat deze ondiepe breuken van invloed zijn op de regionale grondwaterstroming.

## Werkwijze

Mogelijke breuken zijn onderkend door gebruik te maken van de theorie van Sequentie Stratigrafie. Deze techniek gaat uit van het voorkomen van een logische sequentie van afzettingen langs een profiellijn. Deze sequenties worden aan de boven- en aan de onderzijde begrenst door zogenaamde bounding surfaces, gidshorizonten. Deze horizonten zijn het gevolg van een plotselinge verandering in de afvoercapaciteit van bijvoorbeeld een rivier (bijvoorbeeld ten gevolge van meer debiet, droogvallen of insnijding in een gesteente met een andere hardheid) of van de reactie van een kustlijn op een zeespiegelwijziging. Deze laatste zijn over de gehele wereld teruggevonden en met behulp van onder andere magnetische ompoling gedateerd. In een deltaïsche kuststreek zoals Nederland zullen in theorie beide een rol spelen.

In deze notitie wordt dan ook uitgegaan van het voorkomen van een groot aantal gidshorizonten die over grotere of kleinere oppervlakten te vervolgen zijn. Deze gidshorizonten zullen in theorie op regionale schaal min of meer parallel lopen. Indien in een aantal boringen gidshorizont A niet terug te vinden is maar B, C en D wel, en in een verderop gelegen boring A en D kan over het gehele oppervlakte toch een inschatting worden gemaakt over de diepteligging van de verschillende gidshorizonten.

Een sprong in de diepteligging van een serie gidshorizonten kan veroorzaakt worden door een tektonische breuk. Voorts kan aan de hand van de datering van de gidshorizonten (die op hun beurt gedateerd kunnen worden door ze naast de internationaal geaccepteerde schaal van zeespiegelwisselingen te leggen) een inschatting worden gemaakt van de activiteit van de verschillende breuken in de tijd.

Deze laatste zou dan weer in een logisch verband moeten liggen met bovenregionale tektonische activiteit.

Aan de hand van een profiel van zuidoost naar noordwest over Nederland, profiel ZONW1, kon een aantal herkenbare gidshorizonten worden onderkend (zie het hoofdstuk profielen). Tijdens de constructie van dit profiel werd al snel duidelijk dat op een aantal plaatsen de reeks horizonten versprongen was. Deze sprongen werden als tektonische sprong benoemd.

Logischerwijze moeten deze sprongen een samenhang hebben. Dat wil zeggen dat een sprong van een gidshorizont van bijvoorbeeld 35 [m-NAP] naar 55 [m-NAP] aan beide zijden van deze sprong over een groter oppervlakte terug te vinden zou moeten zijn.

Dit uitgangspunt is gebruikt om "blokken" te onderkennen waarop een bepaalde gidshorizont een vergelijkbare diepte heeft.

Voorts werd onderkend dat de reeks gidshorizonten zelf een helling naar het noordwesten heeft, wat niet meer dan te verwachten in een deltaïsche kustsituatie.

Verder is er nog het gegeven dat in sommige situaties diepe geulen kunnen worden uitgesleten in de ondergrond, bijvoorbeeld doordat er een grote rivierafvoer is bij een lage zeespiegel.

## Resultaten

### *Macroniveau*

Op de onderstaande breukenkaart is een overzicht gegeven van de diepteligging van een van de uitgebreider voorkomende gidshorizonten, de top van de T3 sequentie van de Tegelen afzettingen gecombineerd met de top van de H2 afzettingen van de Harderwijk afzettingen.

Deze is in grote delen van Nederland een dikke kleilaag die de top vertegenwoordigt van een rivierafzetting die in de Tegelentijd de afsluiting vormt van het verdwijnen van de mariene invloeden in het zuidelijke deel van het Noordzeebekken, een regressie die werd ingezet na de terugkeer van de mariene invloeden in het tweede deel van het Pliocen.

De T3 is verder goed herkenbaar door het voorkomen van *Azolla tegeliensis* in de fauna-macroresten en het voorkomen van de hoger gelegen T4 sequentie. Deze laatste heeft zeer vaak een volledig andere zware-mineraalinhoud: stabiel ten opzichte van de instabiele T3. Op gammalogs is dit vaak goed herkenbaar door de overgang van de gamma-straling rijke T3 naar de stralingsarme T4.

Het beeld wat deze methodiek opleverde is er een van een grote serie breuken met een klein verzet (over het algemeen 10-25 meter) die tezamen een breukzone vormen tussen het LBM (Londen-Brabant Massief) en het noordelijker gelegen Noordzeebekken. Een belangrijke component is verder de Peelhorst.

Veel van de breukjes zijn dermate klein dat ze mogelijk op seismische profielen in de ruis verdwijnen. Het oplossend vermogen van een seismisch profiel ligt mogelijk boven de 25 meter. Voorts is een seismisch profiel een interpretatie van reflecties van geluidsgolven in de ondergrond. Deze reflecties treden op bij dichtheidsverschillen in de ondergrond.

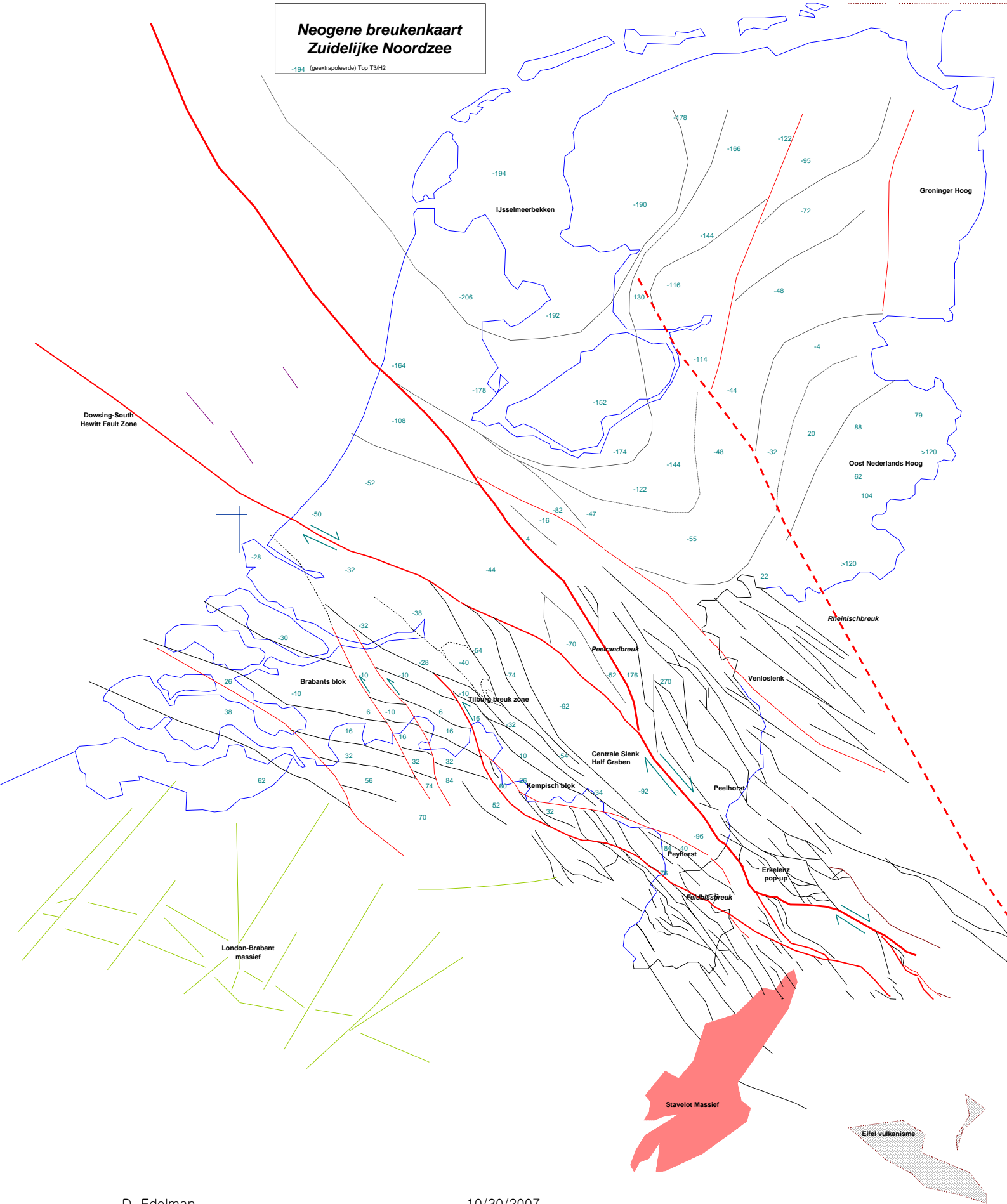
Welke lagen (eigenlijk: welke overgangen) zorgdragen voor die reflectie is in eerste instantie onduidelijk. Hierdoor is een boring vaak noodzakelijk als referentiepunt. Dan nog blijft de onduidelijkheid welke overgang voor die reflectie heeft gezorgd. Verder is van belang of een overgang in bijvoorbeeld de zoet/zout-grens een reflectie veroorzaakt. Deze laatste is niet in de lithologie van een boring terug te vinden. Het risico bestaat dan dat een diepere of minder diepe lithologische grens als referentie wordt gekozen.

In de Neogene ondergrond ligt deze zoet/zout-grens in het beboorbare bereik.

Gesteld kan worden dat seismische profielen aanvullend zijn op de bevindingen uit sequentie-stratigrafie interpretaties en niet omgekeerd.

**Neogene breukenkaart  
Zuidelijke Noordzee**

-194 (geextrapoleerde) Top T3/H2



De volgende elementen worden hier nader toegelicht:

### **Het Londen-Brabant Massief.**

Dit is een van oorsprong paleozoisch terrane (Avalonia) wat rond 430 miljoen jaar geleden (Ordovicium/Siluur) tegen Baltica aanbotste. Dit Massief is later geplooid tot een grote anticline in het Perm tot aan de Jura. In het Tertiair is de noordflank van dit massief gaan dalen. Het oorspronkelijke pre-tertiaire oppervlakte heeft mogelijk horizontaal gelopen. Door de scheefstelling (die de zuidelijke daling van het Noordzeebekken veroorzaakte) ontstond er ruimte voor de tertiaire en kwartaire afzettingen. In deze notitie wordt de kruin van het LBM als vast punt genomen. Dit wil zeggen dat ten opzichte van deze kruin de afzettingen hebben bewogen.

Net ten noorden van het Massief ligt een zone met veel tectonische verschijnselen, de zogenaamde Anglo-Brabant Deformation Belt (Winchester, 2002) . Deze Belt lijkt een zone waaronder het paleozoische basement zwak is. Met name in het late Ordovicium is deze Belt gevormd (Pharaoh, 1999)

Deze zone (de ADBD) uit zich in een aantal sterk verbroken blokken in het westen ligt de DOSH. Dit is een breukzone, de Dowsing South-Hewitt breukzone, die vanaf de oostkust van Groot-Britannie naar de noordzijde van de Centrale Slenk loopt. Deze breuk vertegenwoordigt de noordzijde van het Massief van Brabant. In theorie zou hier een sutuurlijn (sluitingslijn) kunnen bestaan uit het Siluur. Deze lijn is mede onderkend door een afwijkend seismisch karakter. Hier wordt momenteel in het kader van ISES (Netherlands Research Centre for Integrated Solid Earth Science) nader onderzoek naar gedaan.

In West-Brabant bestaat de ADBD uit het Brabant Blok (BB), een serie blokken waar de T3 aan of nabij het maaiveld ligt. In Ulvenhout (zie Ulvenhout-onderzoek) is deze onder meer aangetroffen, evenals in de groeve bij Ossendrecht. Aan de oostzijde wordt het BB begrensd door de Tilburg Breuk Zone (TBZ). Vlakbij de TBZ liggen afzettingen uit het Bavelien/Cromerien aan de oppervlakte. Ten noorden van deze TBZ zijn deze afgedekt door jongere afzettingen. Het BB wordt doorsneden door een aantal NNW-ZZO gerichte horizontaalverschuivingen die een vrij grote hoek maken ( 40°-50°) met de TBZ.

De TBZ zelf is een verbinding is tussen de DOSH en de Feldebiss in Limburg. Ze bestaat uit een serie gewone breuken met een relatief klein verzet. De TBZ is naar het beeld te oordelen een rechts-laterale horizontaal verschuiving. De ten zuiden van deze TBZ gelegen BB en KB zijn naar het noordwesten opgeschoven.

Meer naar het oosten ligt het Kempen Blok (KB), een door veel onderkende breuken doorsneden hoog. Hier liggen oudere afzettingen tot aan het maaiveld. Pliocene (zanden van Mol, Zanden van Diest) tot glauconietrijke Miocene afzettingen worden aangetroffen, Lokaal komt een Maasterras afzettingen (het Pietersberg-3 terras) voor als extreem grindrijke afzetting (zie de Sterksel afzettingen).

Ten westen van de ADBD ligt een grote oude inzakkingsstructuur, de Centrale Slenk Half Graben. Dit is een inzakkingsstructuur waar de T3 diep is weggezakt. Ze heeft het uiterlijk van een zogenaamde Half-Graben. De inzakkingsstructuur wordt aangetroffen tussen de Peelrandbreuk in het oosten en de TBZ in het westen, Ze wordt aan de westzijde begrensd door een NNW-ZZO breuk die in het zuiden een verzet kent van meer dan 125 meter en aan de noordkant van ongeveer 15 meter. In deze half graben is een groot deel van het sediment wat door de Rijn en de Maas werd aangevoerd in het Pliocene/vroeg-Pleistoceen afgevangen. Deze half-Graben is de voortzetting van een vergelijkbare structuur uit het Mioceen. Ten zuidoosten van de CSHG werd in het Mioceen veel sediment afgevangen door een Half-Graben net ten NW van Keulen. (zie de het hoofdstuk over de Nederrijnbocht).

Ten oosten van al deze structuren ligt een aantal tectonische eenheden die mogelijk behoren tot het Baltica terrane. De meest westelijke daarvan is de Peelhorst (PH), een hoog wat pas na de afzetting van delen van de Oosterhout afzettingen (Laat-Pliocene) is gaan stijgen. Mioceen afzettingen komen onder de Peelhorst juist in grote dikten voor. De PH is herkenbaar tot nabij Utrecht. De opheffing neemt af van ZO naar NW.

Ten oosten van de PH ligt in Zuid-Nederland de Venlo Slenk (VS), een inzakkingsgebied wat een eerste aanzet lijkt van het IJsselmeerbekken (YB) meer naar het noorden.

Dit YB is een grote inzakkingsstructuur die verder naar het noorden overgaat in het Centrale Noordzee bekken. De T3 is hier diep weggezakt naar meer dan 205 meter onder het maaiveld. Deze inzakkings voor een belangrijk deel gevuld door de Oost-rivier afzettingen.

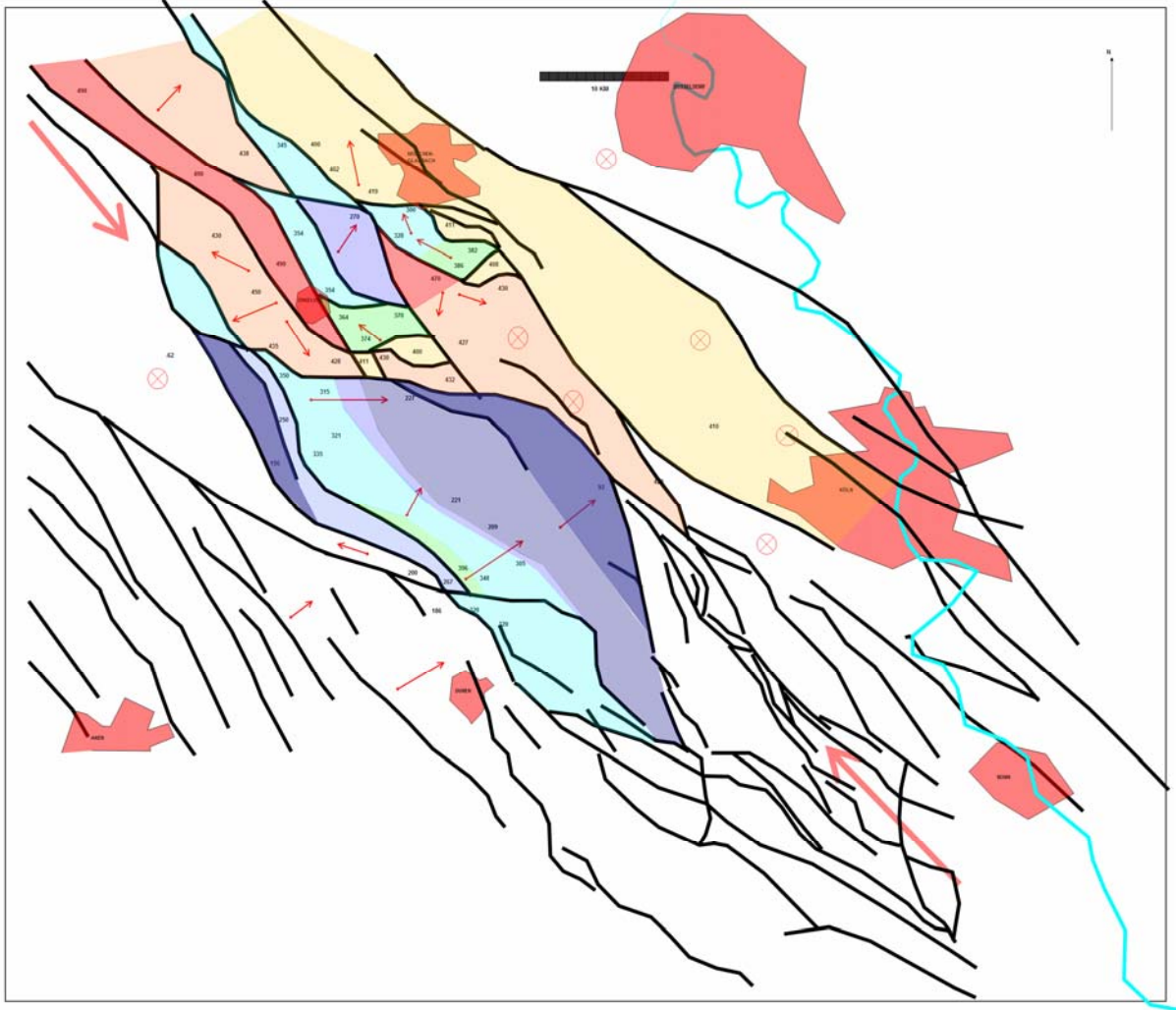
Het Groninger Hoog (GH) en het Oost Nederlands Hoog (ONH) zijn twee hoog gelegen blokken waar weinig Neogene afzettingen zijn terug te vinden. Opvallend is het voorkomen van N 010 E gerichte breuken, een richting die bij Baltica lijkt te horen en waarvan de meest zuidelijke aanwijzingen zijn terug te vinden op de Peelhorst. Een verdere zwaktezone lijkt de Rheinischbreuk te zijn. Deze zone loopt parallel aan de Peelrandbreuk.

Ten slotte is er nog een bijzonder tectonisch verschijnsel in het Zuidoosten van het gebied, de Erkelenz Pop-up (EPU). Dit is een pop-up structuur die bestaat tussen de rechts-laterale horizontaal verschuiving van de Peelrand en de rechts-laterale horizontaal verschuiving van de Rurandbreuk.

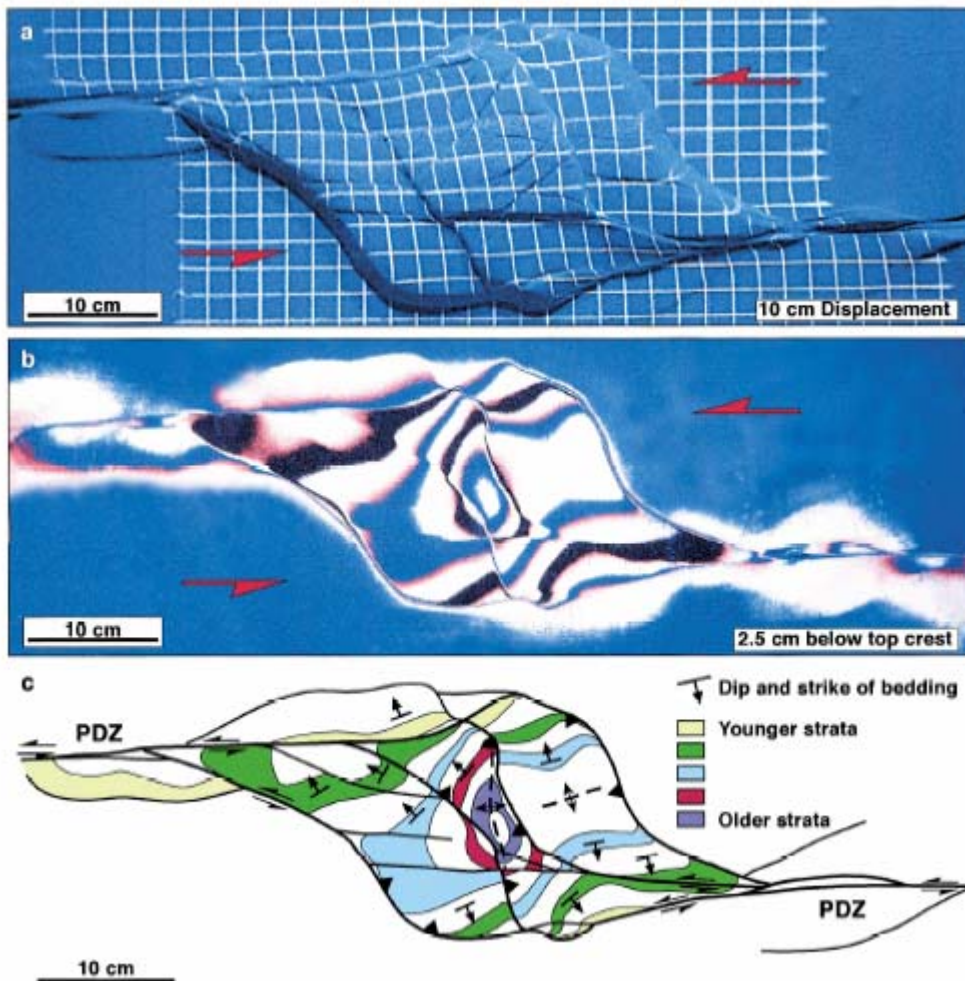
Onder deze structuur wordt een intrusief lichaam vermoed (Bredewout, 1989)

Onderstaande figuur geeft een beeld van de Erkelenz pop-up. De rode en roze kleuren geven het deel van deze pop-up die het meest zijn gestegen. De groene naar blauwe kleuren geven de delen aan die minder zijn gestegen. De zachtoranje kleur geeft een deel van de afzettingen die horizontaal liggen over grotere oppervlakten. Mogelijk is dit deel niet opgeheven/gedaald. De rode pijlen geven de daling van de lagen aan binnen een deelblok.

.



Deze figuur lijkt sterk op de door McClay (2000) experimenteel gevonden structuren. Onderstaande figuur geeft een beeld van een experiment beschreven op pagina 235 van het artikel.



**Figure 9.** Experiment W305 after 10 cm sinistral displacement. (a) Top surface of model showing pop-up faults. (b) Horizontal section taken 1 cm below top surface. (c) Interpretation of b, showing the folds, faults, and bed-dip directions.



## *Microniveau*

### Tilburg

Recent is er naar breuken nader onderzoek gedaan door het graven van sleuven dwars oer de breuk. Dit is mede ingegeven door hernieuwde interesse in het optreden van aardbevingen in het zuidelijk deel van de Noordzee. Verder blijken breuken te kunnen optreden als drempel of juist preferente lokatie voor grondwaterstroming.

Een van die breuken is opgegraven nabij Tilburg (zie artikel in de bijlage)



Bovenstaande samengestelde foto over deze breuk laat links een kleilaag zien die uit het vroege Cromerien kan stammen en rechts dekzanden uit een van de laatste ijstijden.

## Bree

Recent paleoseismologisch onderzoek in Noordoost-Limburg, langsheen de breuktrap van de Feldbissbreuk ten zuiden van Bree, heeft zo reeds 6 belangrijke aardbevingen in de laatste 150.000 à 180.000 jaar aan het licht gebracht (zie o.a. Camelbeeck & Meghraoui 1996, 1998, Vanneste et al. 1999, Vanneste et al. 2001). De meest recente aardbeving zou zo'n 1.000 à 1.350 jaar geleden de streek getroffen hebben. Het was een zware aardbeving met een magnitude van ongeveer 6.3 op de Richterschaal. De zwaarste aardbeving moet zich echter zo'n 23.000 à 63.000 jaar geleden hebben voorgedaan. Uit deze studie blijkt dat zware aardbevingen in Noordoost-Limburg zich voordoen met een tijdsinterval van tenminste ~10.000 jaar.



## Litteratuur

Bredewout, J.W.	1989	The character of the Erkelenz intrusive as derived from geophysical data	Geol. Mijnbouw, 68, p. 445-454
McClay, K Bonora, M	2000	Analog models of restraining stepovers in strike-slip fault systems	AAPG Bulletin, v. 85, no. 2 (February 2001), pp. 233–260
Molengraaff, G.A.F Van Waterschoot van der Gracht, W.A.J.M.	1913	Niederlande, Handbuch der Regionalen Geologie	
Phraraoh T.C.	1999	Palaeozoic terranes and their lithospheric boundaries within the Trans-European Suture Zone (TESZ): a review	Tectonophysics 314, 7 – 29.
Winchester J.C.	2002	Palaeozoic amalgamation of Central Europe: new results from recent geological and geophysical investigations	Tectonophysics 360, 5 –21
Zagwijn, W.H	1975	Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland	