

# NEDERRIJNBOCHT

Afzettingen uit het Oligoceen-Mioceen-Pliocene van de Nederrijnbocht (NRB) wijken af van contemporaine afzettingen in Noord-Duitsland. Dit is de reden dat ze een aparte indeling hebben. Deze sluit niet geheel aan op de Nederlandse of de Belgische onderverdeling. De indeling is gebaseerd op het voorkomen van bruinkoollagen en daartussen liggende zanden en kleien. Deze benadering is mede ingegeven door de opvallende armoede aan dateerbare Flora en Fauna buiten de bruinkoollagen.

De afzettingen vangen aan met (Oligocene) mariene/fluviatiele (alle kustnabije) afzettingen en eindigt met Pleistocene rivierterrassen.

Onderstaande figuur geeft een overzicht van de Nederrijnbocht afzettingen, Hierin is aangegeven waar volgens Zagwijn (1987), Burger (1987) en Sliggers (1987) diverse herkenbare (flora, fauna en sedimentologische) zones liggen.

NB: de in deze publicaties voorkomende dikke Flöz Garzweiler lijkt niet in de beschreven vorm voor te komen.

Er zijn afzettingen met een FE1 en FE2 foraminifeerinhoud (in Nederland o.a. de Veldhoven afzettingen) die niet voorkomen op hogere delen van het Massief van Brabant en de Peelhorst. Hiermee is er dus een sterke aanwijzing voor het feit dat de Peelhorst tijdens het Chattien/Vroeg-Mioceen een hoog structureel element was. de veldhoven afzettingen hebben, analoog aan bijvoorbeeld de Sterksel afzettingen de lagere blokken gevuld en op de hogere blokken maximaal slecht dunne bedekking achtergelaten.

De hierop volgende FD en FC2 tijd komen wel over grotere delen van het Noordzeebekken voor. Misschien dat er tijdens de afzetting van deze FD en FC2 afzettingen geen sprake meer was van daling maar alleen van een hoge zeespiegel. In België worden dan de Antwerpen zanden en op de Peelhorst glauconiethoudende fijne zanden en kleien afgezet.

De overgang FD naar FC2 vormt een herkenbaar niveau in afzettingen van het Noordzeebekken en is mogelijk een MFS

Na de afzetting van de hoogste delen van de FC2 verdwijnt de mariene invloed uit dit deel van Duitsland. Er worden van het Boven-Mioceen (tot aan het Grammien, Vroeg-Pliocene) geen afzettingen aangetroffen.

## Fauna zonerings in de zuidelijke Noordzee.

	MOL	sub	Foram	Opmerkingen	Tijd
<b>FASE 3</b>	A		FA1	Warme tijden in Kwartair	
	B		FA1	Koude tijden in Kwartair en laat-Pliocene E. oregonense aan de basis van een B-tijd	
	C		FA2	Volledig marien tot sublittoraal. Laat-Pliocene	
	D	1	FA2	Gedomineerd door Chlamys opercularis	
		2	FB	Gedomineerd door Chlamys gerardi. Top FB komt overeen met GDB. Lijkt nogal op FA2	2,78 Ma
	E		FC1	Overgang Mioceen naar Pliocene. Mogelijk veel jonger, zie o.a. zanden van Diest en Deurne (3,56 Ma). Mogelijk dus ook equivalent met de Lenham beds in Kent.	17 cm/Ky
		FC2		Δ 3,56 Ma	
	Grammien dikte, 44 meter dik ontkalkt. Zaandam, -542 m Op de Noordzee is een klei (seimisch, kan ook ander fijn materiaal zijn bijvoorbeeld glauconiet)deken over een groot zandreservoir gevonden. Daarboven ligt het typische Rij beeld.				
<b>FASE 2</b>	F	1.2.3	FC2A	Mogelijk faciesafhankelijke fauna's waarbij 4 de meest ondiepe is Inden? Correlatie met Inden zanden.	10,3 Ma
		4	FC2B	Grens FC2B/FC2A mogelijk tectonisch en/of ontkalkt F ws. Langenfeldien (Tortonien). De bovenste afzettingen zijn mogelijk beperkt tot slenken (tot 500 meter Langenfeldien volgens de literatuur, in boring Eidelstedt maar 90 meter zie ook Tilburg 50F-157)	▽
		5			±2,5 cm/Ky
	G		FD <sub>upper</sub>	Lijkt op het Reinbekien (17-14 Ma).  Grens FC2B/FD mogelijk tectonisch en/of ontkalkt Grens G/H mogelijk tectonisch en/of ontkalkt	
	H	1A	FD	Veel instroom van zoet water. Wel een duidelijke MOL H	Δ
		FD <sub>lower</sub>	Lijkt op Hemmoorien (21-17 Ma). Heeft NN4.	19 Ma	
<b>FASE 1</b>	H		FE1	In de FE1 is deels (ca. 300 meter) Köln-Formatie afgezet.	24 Ma
	I		FE2	Chattien. Hierin is o.a. de Formatie van Veldhoven afgezet. De grootste gevonden dikte is ca. 150 meter. De afzetting is hoofdzakelijk beperkt tot slenken.	▽ ±2,5 cm/Ky
			FE3		
	J		FF	Rupelien  Hierin is o.a. de Boomse Klei afgezet op de Zanden van Berg. De grootste gevonden dikte is ca. 275 meter. De afzetting heeft plaatsgevonden over een grote oppervlakte.	
		FG	Tongrien De gehele Fase 1 is mogelijk net zo dik als de Kolner schichten, 450 meter + de (zie Niederrhein deel) Tongeren afzettingen ±100 meter dus totaal 550 meter.	Δ 35 Ma	

# OLIGOCEEN

## Onder-Oligoceen

In het Onder-Oligoceen transgedeerde de Noordzee tot in de Nederrijnbocht parallel aan de (re-)activering van oudere breuken (Wrede 1990, Neumann 1995).

Een samenvatting:

1. De onderste afzettingen zijn alleen bekend uit boringen. Dit zijn de Ratheim-Gereonsweiler-Hamborn Schichten.
2. Hierboven liggen de Walsumer Schichten (afzettingen van Klimmen in Zuid-Llmburg), dit zijn goed gesorteerde kwartsrijke mariene zanden. Onderin bevindt zich een basisgrind met bruinkoolresten en visresten. Ten dele bevatten ze glauconiet. De totale dikte is in de NB 10-40 meter.
3. Hierboven liggen de Ratinger Schichten (?afzettingen van Goudsberg): Glauconiethoudend kleien en silten met een grijsgroene tot bruingroene kleur. De dikte ligt op enige tientallen meters.
4. Bovenin worden de afzettingen grover: de zandige Lintforter Schichten.
5. Hierop liggen de Grafenburger Schichten, afgezet in het Boven/Midden-Oligoceen (Onder Chattien). Ze vertegenwoordigen sedimenten van de grootste Oligocene uitbreiding van de Noordzee. Het zijn glauconiethoudende zanden.
6. Bovenin vertanden ze met de Kölner Schichten, de belangrijkste Oligocene afzetting in de NB. Ze liggen nabij Köln aan de oppervlakte. Ze zijn (pro-parte) mogelijk equivalent met de Boomse Klei en voor het grootste deel met de Veldhoven afzettingen. Ze komt in Nederland (en mogelijk ook in de Nederrijnbocht bij Düren) alleen voor ten noordoosten van de Feldbiß. In deze sedimenten komen Flöze (bruinkoollagen) voor. Deze zanden staan tevens bekend als de Bruinkoolzanden. Een meer gedetailleerde opbouw hiervan is:
  - Onderin een facies met mariene zanden waarin humusdeeltjes (van kustmoerassen afkomstig?) het van oorsprong lichtbruine zand donker kleuren.
  - De tweede facies bestaat uit deltasedimenten variërend van klei tot zeer grof zand. Geregeld komen klei-ijzersteenconcreties voor.
  - De derde facies zijn de bruinkolen van de zgn. Unterflözgruppe die meer naar het noordwesten ten opzichte van de klei en silten steeds dikker worden (syndementair?). In deze afzettingen laten zich 7 verschillende lagen (Flöze) onderscheiden met vele herkenbare plantenresten. Bovenin bevinden zich laag Kerpen en Morken II, welke al tot het Mioceen worden gerekend.

## MIOCEEN

Vanaf het Midden-Mioceen (of Boven Onder-Mioceen), hetgeen qua afzettingen moeilijk te scheiden is van het Oligoceen, zijn de Ville-Schichten afgezet met lokaal zeer dikke bruinkoolafzettingen met sporadisch grote boomstronken (op oude hardere ondergronden in de veenmoerassen) van de Hauptflöz.

Deze wordt ingedeeld in de volgende niveau's: (van oud naar jong)

*Morken-I*

*Frimmersdorf-a*

*Frimmersorf-b*

*Garzweiler-a*

*Garzweiler-b*

Deze laatste is in de groeve Garzweiler aan de bovenzijde sterk erosief beïnvloed (graafgangen, pyrietconcentratie, grind). Mogelijk dat door periodieke transgressies zich tussen de diverse bruinkoollagen laagjes met zand, silt of klei bevinden. Bij een regressie was de veenafzetting weer meer overheersend.

In Groeve Hambach komt boven het niveau van de Garzweiler-B laag een basisgrind voor met hetzelfde type rolvuurstenen die in Brunssum op de heide gevonden worden.

Hier direct boven bevindt zich een marien sediment (van de Neurath-transgressie) wat pas werd afgezet toen de zee al 50-100 meter diep was.

Deze zanden liggen nog onder de Hauptkies.

Hierboven liggen de Inden Schichten met bruinkoollagen die tezamen de Oberflöz-gruppe vormen, onderverdeeld in drie bruinkoolflöze (Friesheim, Kirchberg en Schophoven) en gescheiden door kleiige tot fijnzandige tussenlagen. De bruinkool is veel minder dik dan bij de Ville Schichten. Uit de boringen zou naar voren kunnen komen dat Flöz Friesheim dezelfde Flöz moet zijn als Flöz Garzweiler.

De afzettingen volgen hiermee mogelijk de standaardcurve van de relatieve zeespiegel wisselingen zoals opgesteld door Vail en Haq (1987).

## Voorkomen en dikte Flöze

Uit een 110-tal boringen is een isopachen kaart gemaakt van de drie grote Flöze (6a, 6c en 6e) uit de Hauptflöz groep.

De kaartjes geven een beeld van het voorkomen van bruinkoolafzettingen in de Nederrijnbocht. Het eerste kaartje geeft een overzicht van de isopachen van de bruinkoollagen en de kleien (beide duiden op dezelfde rustige omstandigheden) op het niveau Morken-I en Morken-II samen (6a). Meer naar het noordwesten is een mariene activiteit te constateren (o.a. schelpen).

De laag Morken is overigens aangetroffen tot in Veldhoven aan toe. Nabij Keulen bereikt 6a de grootste dikte (49 meter). Nabij Mönchen-Gladbach ligt een tweede maximum met 44 meter. Vooral langs de (rustige) randen van de slenk (estuarium?) komen de dikste voorkomens voor. De rivier lag tegen het (toen nog hoge) Rurblok aan. Hierdoor komen mogelijk op het Rurblok weinig tot geen dikke 6a afzettingen voor.

De afzetting zou kunnen zijn aangevat rond de 16,2 Ma (aanvang reeks 5) en doorgedaan tot maximaal 14,6 Ma (de aanvang van 6b lijkt op veel plekken gelijk geweest te zijn, een snelle transgressie). Het is opvallend dat de vorm van het pakket op een rivierdal lijkt (met meer energetische omstandigheden) in het centrum en dikkere (riviervlakte) aan de kanten.

Het tweede kaartje geeft een beeld van de verspreiding en dikte van de eenheid 6c. Dit wijst op het voorkomen van een zeer dikke bruinkool/klei sedimentatie in het zuidoosten van het gebied welke afneemt naar het noorden toe. Aan de westzijde komt mogelijk een erosierand voor (klif-achtig) welke het gevolg kan zijn van:

- Het voorkomen van de uit het zuiden komende rivier (Rijn of voorloper) van de oudere 6a cyclus. Hierdoor kon ook in de 6c tijd aan de westzijde weinig bruinkool worden gevormd. (Daar lag immers de rivier met te energetische omstandigheden voor veenvorming) en/of
- Een naar het zuiden uitgebreide transgressie van de latere 6d (Neurath-zanden) door deze lager gelegen riviervallei. Deze transgressie kan de riviervallei verder hebben uitgeerodeerd na/tijdens de regressie

De zeer grote dikten (tot 72 meter) aan de zuidzijde van de mijn Hambach springen er uit. Hier begon de klei/bruinkool afzetting niet lang na de beeindiging van de 6a. Dit wordt mede onderbouwd door de hier dunne 6b, welke lokaal minder dan 10 meter dik is. Dat wil zeggen dat de afzetting misschien al aanving op circa 14,2 Ma en doorging tot 13,6 Ma

Aan de bovenzijde van 6c bevindt zich een niveau met pyriet, gepyritiseerde graafgangen (mogelijk van de zoetwaterbivalve *Teredina* (*Hambach, mededeling gids, de soort is overigens meer bekend uit het Cuisien (Eoceen) van de London-Clay*)).

Dit niveau valt mogelijk samen met het gamma-maximum in het Luneburgien (Hinsch, 1987); het voorkomen van fosforieten aan de top van de zanden van Antwerpen; de overgang van Foraminifeerzone FD naar FC2 en het gamma-maximum in miocene boringen in zuidoost-Nederland (Zagwijn, 1987).

De fosforieten zouden kunnen wijzen op het aanwezig zijn (opwellen) van koud zeewater. Dit kan verklaard worden met een influx in het Noordzeebekken van Arctisch water uit het noorden (het Kanaal was mogelijk afgesloten door de Weald-anticline). Een en ander duidt op een koudere tijd ten gevolge waarvan de zeespiegel daalde: de top 6c is dan een MFS die te correleren is met een Vial&Haq tijd.

Het voorkomen van 6e (Flöz Garzweiler) is beperkt. Hiernaast is in veel boringen 6e door latere erosie (bijvoorbeeld IV-X) waarschijnlijk verdwenen.

De 6e wordt gedefinieerd als: alle flöze van boven een MFS (6c top). Daar waar deze 6e wordt aangetroffen, de dikte beperkt tot een soort eiland ter hoogte van groeve Garzweiler. Waarschijnlijk zijn na de regressie van de Neurath-zee de omstandigheden niet zo geweldig geweest voor een uitgebreide bruinkoolvorming: de lagen worden minder dik wat uiteindelijk doorzet in reeks 7, de Inden zanden. Mogelijk werd er meer klastisch materiaal aangevoerd of was het simpelweg aan de droge of koude kant. De afzettingstijd (van de "echte" Garzweiler) zou kunnen liggen tussen de 14,5 Ma en de 13 Ma.

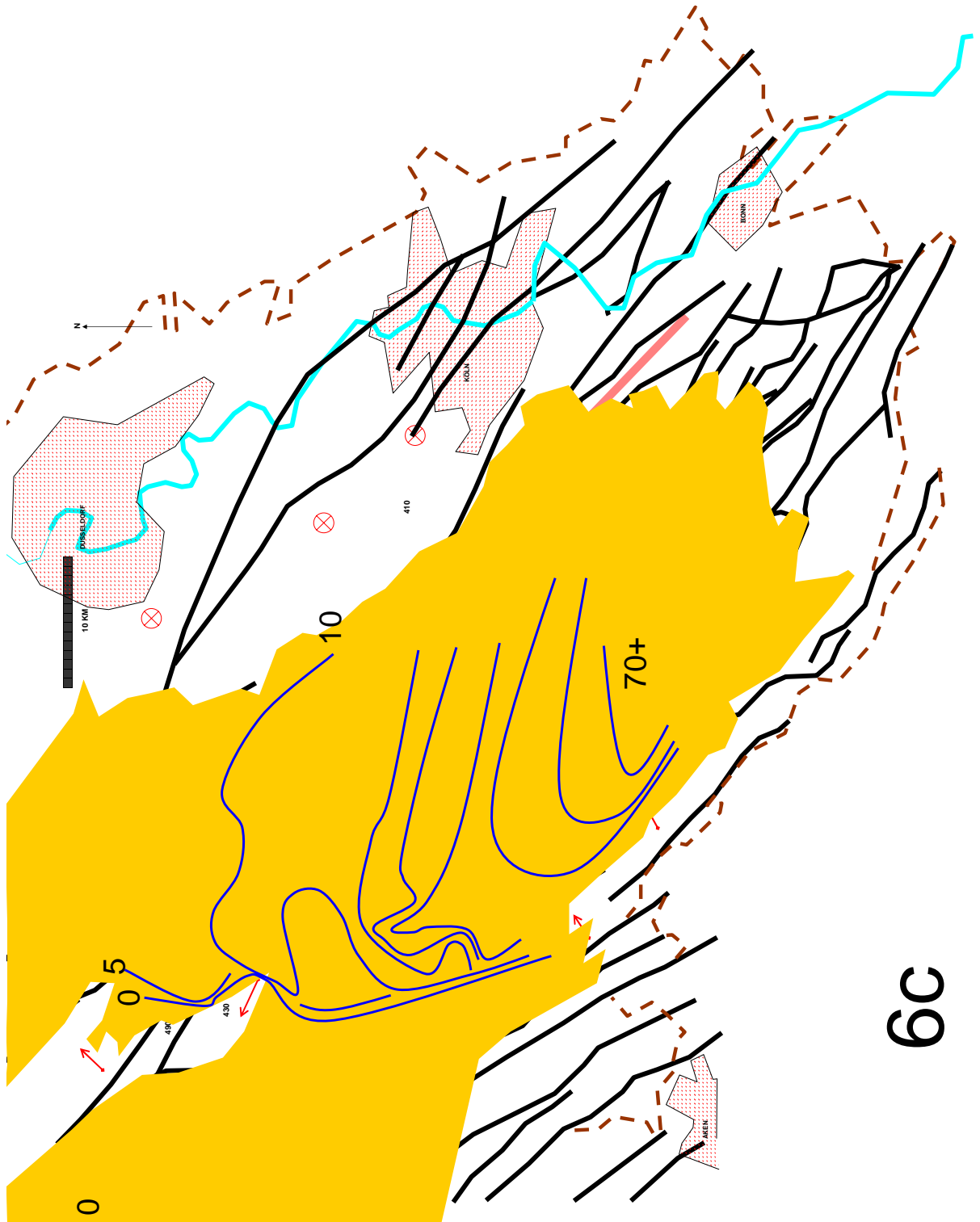
NB: m.i. is er door de Duitse geologen een andere interpretatie gegeven van de afzettingen aan de oostzijde van de Rurbreuk. Daar komen misschien geen afzettingen voor uit de Duitse 7-reeks voor maar afzettingen uit de 6-reeks, meer met name equivalentie van de 6e. Aan de westzijde komt wel een 7-reeks voor. Deze staat bekend als de Inden-zanden. Deze zijn misschien afgezet in de oude, ten tijde van de 6d-afzettingstijd geërodeerde vlakte?.

Een optie: de steilrand aan de oostzijde (zie het kaartje bij de 6c heeft tot gevolg dat eerst het dal aan de westzijde moet worden gevuld. Dit wordt dan sequentie 7a-7f. van de Indenzanden NB het is hierbij mogelijk dat er een equivalentie is dat een deel van deze reeks (meer met name de 7a en 7b) gelijk zijn afgezet met de 6d en 6e!. Dit wil zeggen dat de klassieke Garzweiler en Friesheim in dezelfde tijd zijn afgezet.

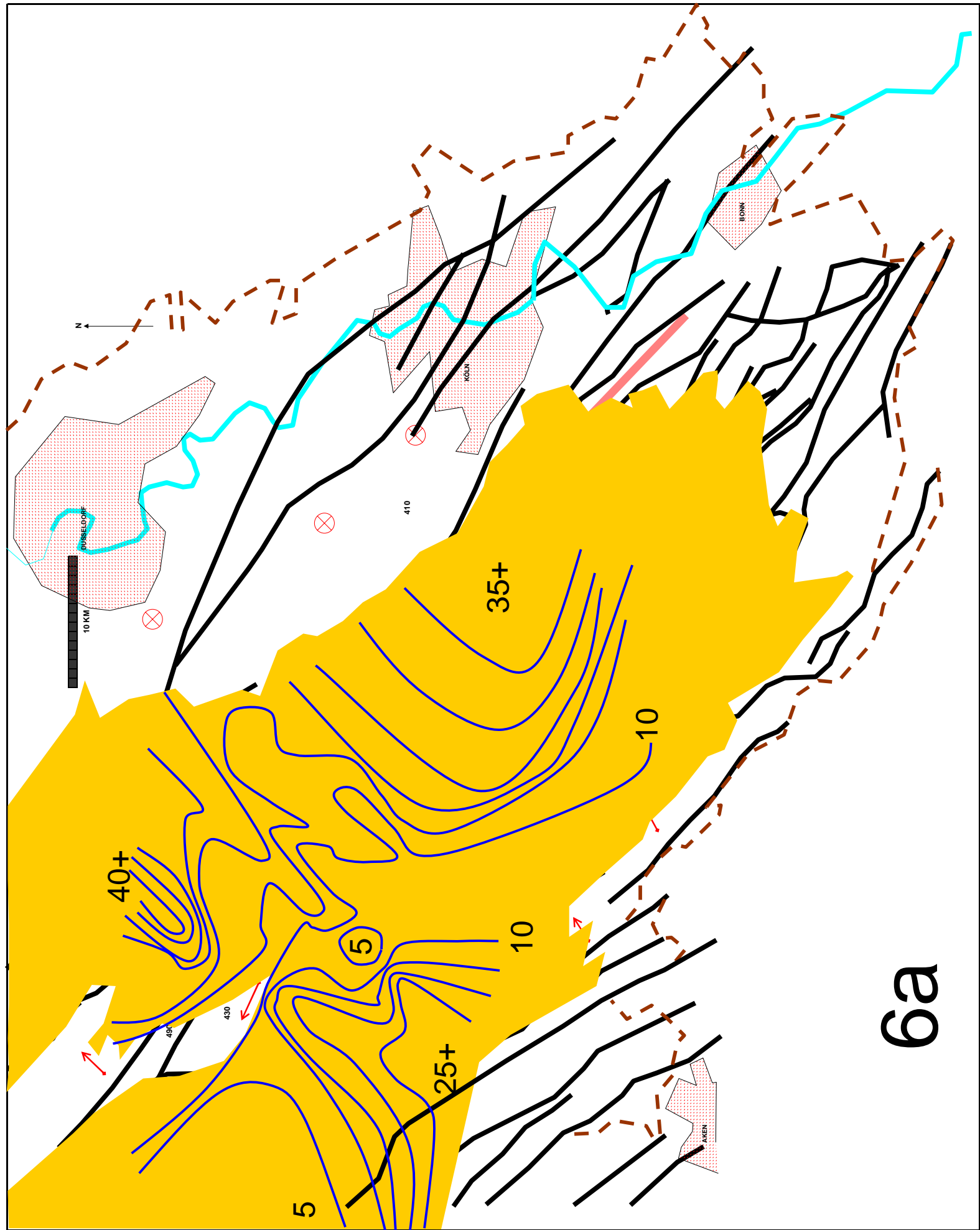
Reeks 7 is dan eigenlijk alleen de zandlaag 7c (equivalent met de Oploo-zanden van Burger (1987, zone 7) en een deel van zone 6A van dezelfde Burger) tot aan de dikkere bruinkoollaag Schöphoven (7f). De totale dikte van deze twee is dan  $\pm 55$  meter.

Boven op de Oploozanden ligt een groot hiaat, de MMU (Mid Miocene Unconformity).

Er is midden in de zure veenafzettingen (eventuele kalkskeletten zijn dan in oplossing gegaan) van de Hambach 6C een afgesneden meander gevonden met o.a. en rijke zoogdierfauna. Deze fauna kon worden gedateerd op een late zoogdierzone MN5 met een mogelijke leeftijd van 15,2-16,0 Ma (Mörs, 2002). Hiermee komt ze dicht bij de MFS van die leeftijd. Een aanwijzing voor een kustnabij milieu is het voorkomen in Hambach 6C van mariene zoogdieren (Walvis, Dolfijn).



6C







6e

## Vuursteenlagen

Op diverse diepten komen niveau's in de NRB voor met bijna pure vuursteenbanken van 0,5-2 meter dik. Deze vuurstenen zijn vaak sterk afgerond (vuursteeneieren). De grootte wisselt en kan wijzen op kortere (grote) of langere erosie.. Deze lagen komen verspreid in de NRB op specifieke diepten voor. De laterale verbreiding en de lokatie van voorkomen (ze komen vooral voor bij het aanwezig zijn van een dunnere 6c in de klastische sedimenten) wijst m.i. op een brandingszone.

Ze komen met name voor op -70 tot +70 ten opzichte van de MFS aan de top van de 6c. Deze MFS is te dateren op 13,4 Ma.

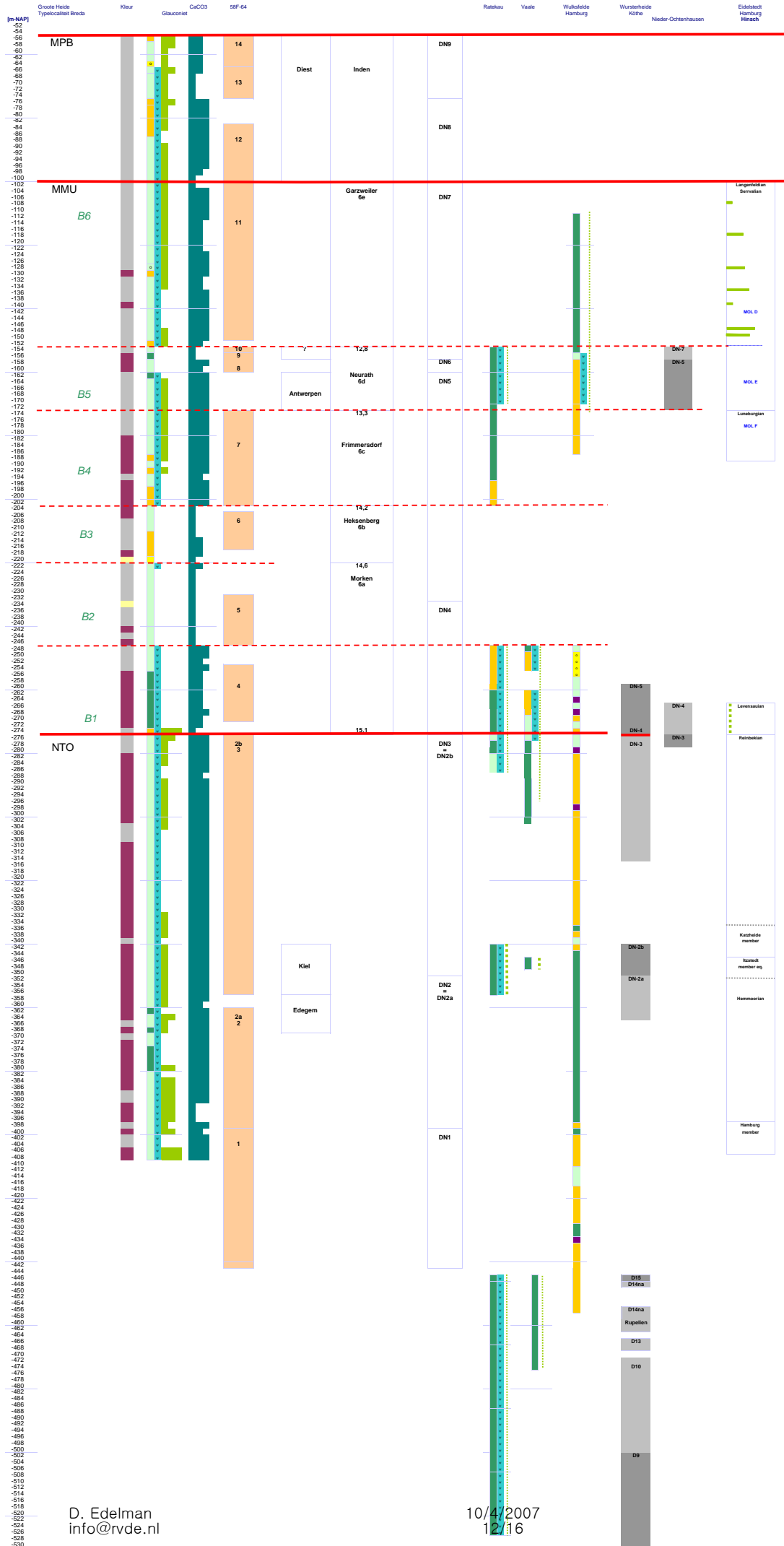
De diepten t.o.v. deze MFS en gemiddelde doorsnede zijn:

Niveau [m]	doorsnede	berekende leeftijd (bij 3,5 cm/Ky)
+ 70	1 cm	11,4 Ma
+ 53	5-6 cm	11,9 Ma
+ 48	3 cm	12,0 Ma
+ 40	3-5 cm	12,3 Ma
+ 34	1-2 cm	12,4 Ma
MFS		13,4 Ma
- 34	3 cm	14,4 Ma
- 40	3-6 cm	14,5 Ma
- 45	7 cm	14,7 Ma
- 50	4 cm	14,8 Ma
- 63	3-5 cm	15,2 Ma

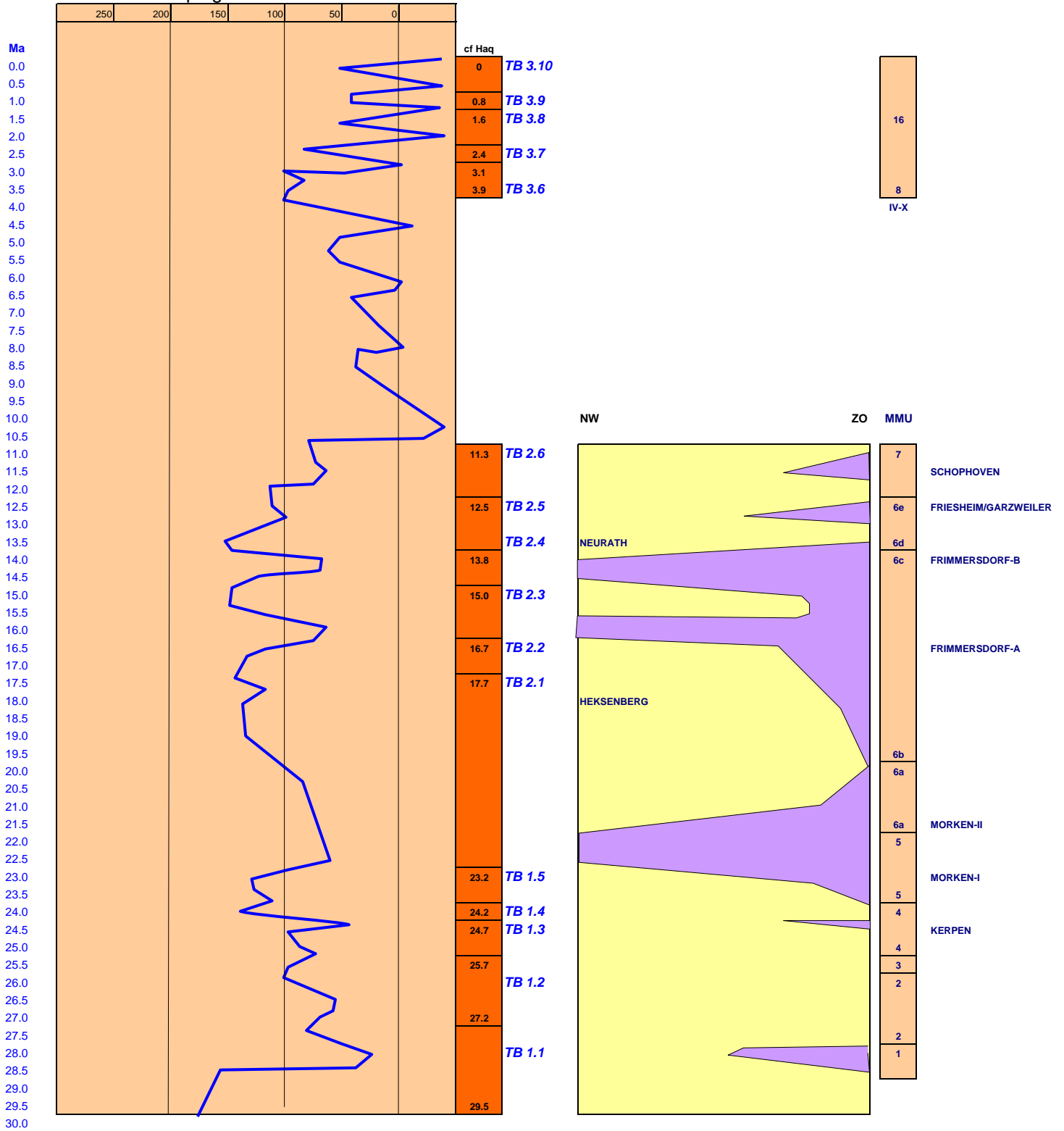
## Toeval ?

Bij een vergelijking tussen de dikte van afzettingen in de boring Eidelstedt (Hinsch, 1987) en de sequenties uit de Nederrijnbocht valt het volgende op:

Eidelstedt D-1	Dikte	Fauna/Flora	Nederrijnbocht	Opmerkingen
Langenfeldien	89 meter		7f-7a, 6e en 6d	De dikte van deze reeks in de Nederrijnbocht is 108 meter
Luneburgien	18 meter	FC2 Mol F5		Aanvang Neurath zanden. Niet apart te zien in de NRB, wel is 89+18 107 meter..
Levensauien	10 meter	FD Mol G	Top 6c	Gamma pieken. In boring NB-24 (Holzweiler) valt het deel (+1/-24) met verhoogde gamma straling samen met het deel met de verhoogde straling in Eidelstedt (Luneburgian+Levensauian)
Reinbekien	60 meter		Onderzijde 6c, 6B	
Katzheide member (onderste deel Reinbekien)	10 meter	Mol G	Top 6a	Deze lagen komen ook al opvallend overeen
Itzstedt member (top Hemmoorien)	9 meter	Mol H	Onderzijde 6a en top 5 Lithologisch verschil, geen chronologisch verschil)	
Hemmoorien	43 meter	FD, onderin al FE1?	5 en 4	
Hamburg member (dieper Hemmoorien)	97 meter	FE1	3, 2 en 1	De top van 3 is uitvoering beschreven in Schäfer (1996). De dikte is in NB-89 88 meter. Hieronder ligt de overgang FE2/FE1 (Chattien). In boring D5 (Hamburg-Langenhorn) ligt 140 meter onder de onderzijde van de Katzheide member een bruinkoollaag op het Chattien. In Noord-Duitsland is de totale dikte van het Hemmoorien 140 meter. In NB 89 is de dikte 1-5 vergelijkbaar met 138 meter.



Relatieve zeespiegelstand t.o.v. Holoceen



## PLIOCEEN

De, al vanuit het hoogste deel van het Mioceen stammende (?), voornamelijk grofkorrelige Hauptkies-serie is vergelijkbaar met de zanden van Waubach in de Kiezeloöliet-Formatie. De jongste leeftijd is onder-Pliocene. Mogelijk begint ook hier de Waubach-afzettingen na de IV-X. Ze bevat veel grind afkomstig uit het omhoogkomende Rheinische Schieffergebirge. Lokaal komen ook fijne zanden, kleien en dunne bruinkoollaagjes voor. De grootste dikte is 70 a 90 meter, ruwweg dezelfde maximale dikte als in Nederland.

De afzetting bestaat uit vele fining-upward sequenties, waarbij er een algehele verfijning naar boven toe waarschijnlijk is.

De hierboven gelegen Rotton-Serie bestaat uit voornamelijk rode (lokaal overigens ook grijze tot groenbruine) silt- en kleilagen. Ze bestaat uit drie delen: onderin een kleilaag met bruinkoollaagjes, daarboven een middenzandlaag en tenslotte een kleilaag. Gezamenlijk zijn ze equivalent aan de Brunssum-afzettingen.

- De Rotton-Serie begint bij de open mijn "Hambach" lokaal met een erosieve grens waarboven ongesorteerde, horizontaal afgezette zanden liggen. Hierboven is een vage erosieve grens te zien waarboven goed gesorteerde zanden te zien zijn. Het zijn mogelijk afzettingen uit een estuarien milieu, meer precies van de overgang van tidal fluvial naar tidal meanders. Dichtbij zijn ook pliocene dinoflagellaten (microscopisch kleine eencelligen; geven goede milieuindicatie) gevonden in deze lagen. Deze mariene invloed is uit de afzettingen van Nederland goed bekend (Rijsbergen). De warmste (dus ijsvrijste) periode van het Pliocene is 4,2-4,0 Ma.
- Hierboven ligt een erosieve afzetting die lokaal enkele meters diep in de onderliggende lagen is ingesneden. Het is een duidelijk terrestische afzetting. Hierboven volgt andermaal een diep insnijdende (meander) afzetting.
- Ten slotte zijn er in het Pliocene afzettingen bekend van de Reuver- Serie, een formatie die sterk lijkt op de Rotton-Serie. Hierin wisselen kleilagen af met zandige kleilagen, zanden en zelfs grinden. De aan top gelegen Reuverklei is goed herkenbaar door zijn hoge kalkgehalte. In de serie komen lokaal nog bruinkoollagen voor die duiden op een vochtig klimaat.

## KWARTAIR

Boven de Tertiaire afzettingen bevinden zich een reeks terrassen van Maas en Rijn. Te noemen valt o.a. een Pretiglien terras met aan de top een nog ongedateerde Tegelenklei (Julichton), een tweede Tegelenterras en een Tegelentopklei. Hierboven nog vele oude tot recente terrassen.

Een belangrijke gebeurtenis was het ontstaan van het Eifelvulkanisme, door middel van de eerste tuffen te dateren op ongeveer 0,57 Ma.

:

## Referenties

- |   |      |  |   |
|---|------|--|---|
| Burger A.W.   | 1987 | Heavy-mineral assemblages in Neogene Marine and near-coastal deposits of the South-Eastern Netherlands   | Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 24, pp. 15-30  |
| Haq, B.U., J.<br>Hardenbol, and<br>P.R. Vail        | 1987 | Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic  | Science, v. 235, p. 1156-1167   |
| Hinsch W.   | 1987 | Definition of the Reinbekian/Langenfeldian boundary and subdivision of Younger Neogene Stages in deep and shallow environment by means of molluscs | Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 24, pp. 125-146  |
| Mörs Th.  | 2002 | Biostratigraphy and paleoecology of continental Tertiary vertebrate faunas in the Lower-Rhine Embayment (NW-Germany)                               | Geologie en Mijnbouw 81 (2): pp.177-183   |
| Neuman D.   | 1995 | Regionale Geologie (Niederrheinland)   | <a href="http://adler.lih.rwth-aachen.de/dueren/duerregio.html">http://adler.lih.rwth-aachen.de/dueren/duerregio.html</a> |
| Schäfer A., Hilger<br>D., Gross G.,<br>Hocht F.v.d. | 1996 | Cyclic sedimentation in Tertiary Lower-Rhine Basin (Germany)-the Liegendrücken of the brown-coal open-cast Fortuna mone                            | Sedimentary Geology 103 pp. 229-247   |
| Sliggers B.C., van<br>Leeuwen R.J.                  | 1987 | Mollusc biozonation of the Miocene in the south-eastern Netherlands and correlation with the foraminiferal biostratigraphy                         | Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 24, pp. 41-58  |
| Wrede, Hillen                                       | 1990 | Geologie am Niederrhein  |   |
| Zagwijn W.H.  | 1987 | Correlations of continental and marine Neogene deposits in the South-Eastern Netherlands and the Lower Rhine district                              | Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 24, pp. 59-78  |