

# 1 Het Bekken van Amsterdam *(alternative)*

## 1.1 Inleiding

Het Eemien is een van de tijdvakken uit de geologische geschiedenis die hun typelokaliteit in Nederland hebben. Al in 1874/1875 heeft Harting het Eemien voor een deel gedefinieerd. Van Voorthuysen (1957) en Zagwijn (1961) hebben aan de hand van o.a. boring Amersfoort-1 het Eemien verder gedefinieerd op basis van pollen, faunaresten etc. Het Eemien is door hen aangetroffen tussen -10,5 en -25 meter onder NAP. Cleveringa (1990) beschrijft deze gegevens opnieuw en vult ze aan met recentere data. Deze beschrijving is onderdeel van een speciale uitgave van het NJG (No. 2/3, augustus 2000) waarin het Eemien wordt gepresenteerd als voorstel voor een GSSP (Global Boundary Stratotype Sections and Points), een wereldwijde referentiepunt voor een specifiek tijdvak. Naar aanleiding van data uit andere ondergrondgegevens (zie [www.rvde.nl](http://www.rvde.nl)) kan mogelijk een alternatieve uitleg worden gegeven aan de opvolging van data uit de verschillende boringen

## 1.2 Boring 25E-913, Amsterdam terminal

Vlak bij het Centraal Station in Amsterdam is een boring gezet die tot een diepte van 78 meter ten opzichte van NAP is gekernd en op vele verschillende disciplines is beschreven. Deze data zijn uitgebreid beschreven in een artikel van van Leeuwen et al (2000). De uitleg van de afzettingen en de tijdsinterpretatie zijn valide, maar met dezelfde gegevens is eveneens een andere interpretatie mogelijk. In voorliggend hoofdstuk wordt op dit alternatief nader ingegaan.

De harde gegevens van deze boring zijn:

<i>X</i>	<i>122,780</i>
<i>Y</i>	<i>487,290</i>
<i>Z</i>	<i>1,45 + NAP</i>
<i>Diepte</i>	<i>78,70 meter onder maaiveld</i>

## 2 Sequenties

### 2.1 Saalien afzettingen

Van Leeuwen geeft aan dat Saalien afzettingen worden aangetroffen tussen -77,2 en -62,0 meter ten opzichte van NAP. Zijn figuur 3 is hieronder opgenomen. In de lithologie worden warven (indicatief voor afzettingen onder water in een koud klimaat onder kleien aangetroffen. Deze glaciële afzettingen worden geassocieerd met het Saalien, maar een bewijs hiervoor ontbreekt. Traditioneel worden de glaciaal gerelateerde afzettingen nabij Amsterdam tot het Saalien gerekend, maar zoals Laban (1995) al aangaf is het onderscheid van de diverse afzettingen uit de verschillende ijstijden op basis van lithologie alleen niet goed mogelijk. Hiernaast zijn flora en faunaresten vaak verspoeld uit oudere afzettingen waarmee de tijdsindicatieve waarde extreem beperkt is. Het enige gegeven is dat boven de kleien een schelplaag is gedateerd op Laat-Eemien. De glaciële afzettingen zijn dan ook ouder, te weten MIS 16 (Don-glaciaal), MIS 12 (Elsterien) of MIS 6-10 (Saalien). Van deze ijstijden is bekend dat ze in Noordwest-Europa een ijsbedekking kenden. Hiervan is het Elsterien in geheel Europa het meest zuidelijk gekomen, behalve op Nederlands grondgebied. Elsterien afzettingen zijn (behoudens de Peelo afzettingen) in de Nederlandse ondergrond nauwelijks aangetroffen. De gevonden diatomeeën hebben nauwelijks een indicatieve tijds waarde. Ze wijzen soms op arctische omstandigheden. Grind en zware mineralen uit het slecht gesorteerde zand wijzen op menging uit oudere lagen. Opvallend is het relatief vaak voorkomen van vulkanische mineralen (2,5-5 %) zou kunnen wijzen op onderliggende Rijnafzettingen (die dan gemengd zijn) met een jongere leeftijd dan 0,57 Ma, de aanvang van het Eifelvulkanisme. Anderzijds kunnen vulkanische zware mineralen ook wijzen op een jonger deel van de Enschede-afzettingen (E4). Indien dit het geval is zou het Don-glaciaal (MIS 16) afvallen als bron van de glaciële afzettingen. In de pollen komen tertiaire relictten voor als *Taxodium* en *Sequoia* (zie hiervoor ook de Peelo afzettingen ter analogie).

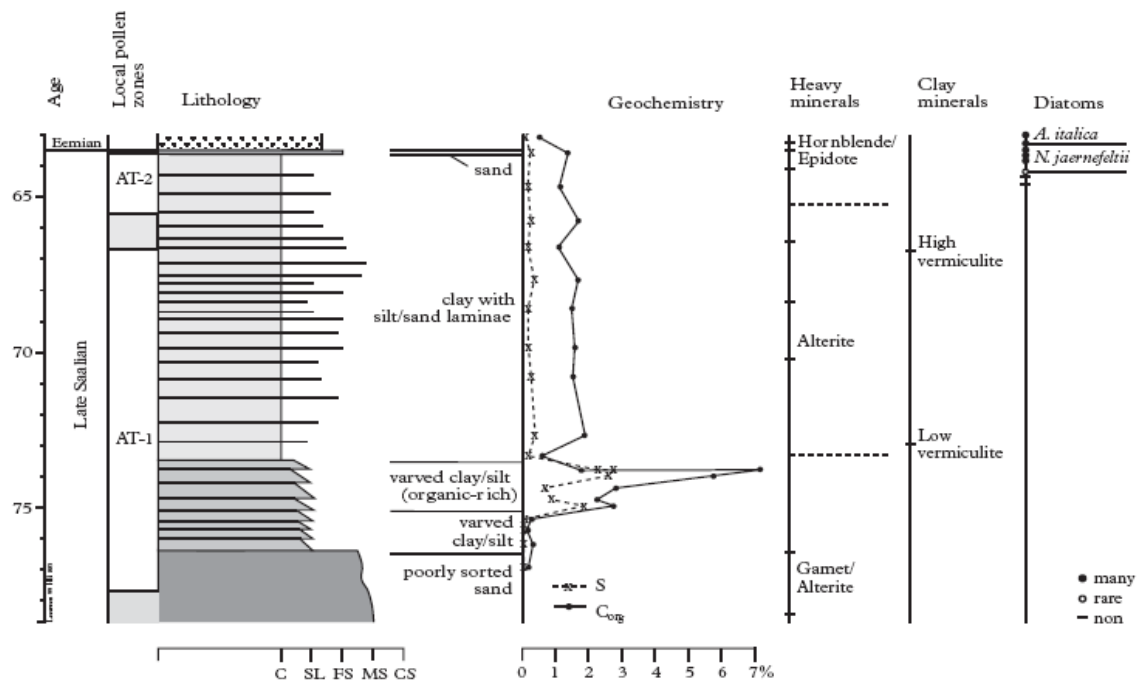


Fig. 3. Stratigraphy, lithology and characteristics of the Saalian interval in the Amsterdam-Terminal borehole. Sample levels for the various analyses are indicated; depths in metres below surface.

## 2.2 Eemien-afzettingen

De afzettingen boven de glaciële kleien zijn jonger dan die kleien. Warme flora- en fauna indicatoren geven aan dat (een deel van) de afzettingen uit een interglaciaal stamt. Aangezien hoger gelegen schelpresten zijn gedateerd op Laat-Eemien zijn deze afzettingen, in de visie van van Leeuwen, eveneens Eemien. De verschillende sequenties worden hieronder beschreven.

### 2.2.1 *Sequentie E-1, de Laag van Harting*

Harting heeft een onder Amsterdam voorkomende diatomeeënaarde beschreven die bekend staat als de Laag van Harting. Deze laag is opgebouwd uit de skeletten van diatomeeën, een silicahoudend fossiel gerelateerd aan eencellige algen. Door chemische processen ontstaat in deze laag onder andere methaan. Dit kan leiden tot explosiegevaar. In de boringen in Dinoloket wordt deze laag nochtans niet veel opgemerkt. De laag is wel aangetroffen in de AT-boring. Het artikel van van Leeuwen gaat niet echt in op de ontstaansvoorwaarden voor deze redelijk unieke bodemlaag. Kadey (1990) geeft de volgende voorwaarden voor het ontstaan van een diatomiet (diatomeeënaarde, kieselguhr).

1. Het voorkomen van grote, ondiepe bassins, liefst 35 meter of minder zodat fotosynthese kan voorkomen. Dit mag zoet of brak/zoutwater zijn.
2. Het voorkomen van veel oplosbare silicaat. Wereldwijd is er een opvallende correlatie met de aanwezigheid van vulkanische as (Eifel vulkanisme?)
3. Het voorkomen van veel nutriënten.

4. Het afwezig zijn van toxische of groeibelemerende elementen in het water. Het water mag niet te zout worden.
5. Er hoeft geen klastisch materiaal te worden aangevoerd, dit is overigens geen beletsel voor de vorming van diatomee aarde.

Diatomeeën kunnen zich onder goede omstandigheden razendsnel vermenigvuldigen en leiden tot bloom&bust explosies. Afhankelijk van de hoeveelheid klastisch sediment zijn sedimentatie snelheden berekend van 1 - 4 mm per jaar. De dikte in de AT boring is 2,5 meter. Dit zou dan binnen 2.5 kyr gevormd kunnen zijn. Op onderstaande figuur uit van Leeuwen is deze sequentie opgenomen.

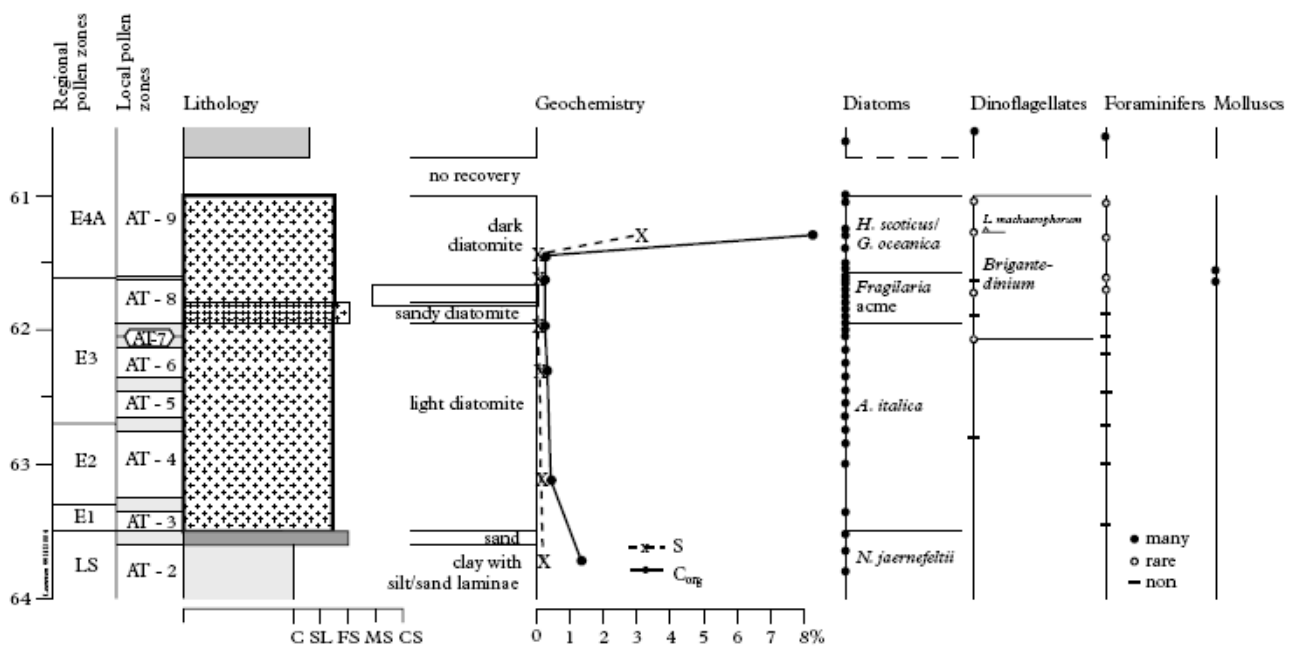


Fig. 4. Stratigraphy, lithology and characteristics of the 60.5-64 m below surface interval in the Amsterdam-Terminal borehole. Sample levels for the various analyses are indicated.

Onderin deze sequentie komt in de lichte diatomiet nog voldoende klastisch materiaal voor. Zware mineralen zijn gedomineerd door hoornblende en epidoot. In de pollen komt een zonering voor van *Betula* en *Pinus* onderin (AT 3,4 en 5), *Quercus* (AT6) in het midden en *Pinus* in AT7. De toename van zwavel hierboven zou op koudere tijden kunnen wijzen. De diatomeeën zijn zoetwatertypes. Boven deze lichte diatomiet komt een donkere diatomiet voor. Dit is de Laag van Harting. Ze vangt aan met een zandige diatomiet met een AT8 associatie, hierboven komt AT9 voor. In de donkere diatomiet komt weinig klastisch materiaal voor, wel houtresten. In de diatomee associatie is er de overgang te zien van een zoetwaterassociatie naar een associatie met mariene invloeden. In de dinoflagellate cysten worden bovenin de donkere diatomiet subtropische soorten aangetroffen. Foraminiferen en molusken onderbouwen het zoet/brakwater verloop. In het artikel van van Leeuwen worden geen tijdindicatieve fossielen gemeld.

## 2.2.2 Sequentie E-2, gelamineerde kleien

Deze sequentie bestaat uit gelamineerde kleien. De kleur is donkergroen. Ze lijkt hiermee op de Groene Bank zoals die wordt aangetroffen in de Urk afzettingen. De sequentie wordt o.a. gekenmerkt door een hoog zwavelgehalte, de zware mineralen worden gedomineerd door een hoornblende/alteriet associatie. De pollenzones AT9, AT10 en AT11 worden gekenmerkt door warme flora elementen. Bovenin AT11 komt *Taxus* veel voor. De diatomeeën geven aan dat het milieu naar boven toe steeds meer begint te lijken op dat van de huidige Baltische zee. *Thalassiosira nordenskiöldi*, een indicator voor polair water, wordt aangetroffen, pieken komen voor op -54 en -59 meter t.o.v. NAP. De dinoflagellate cysts hebben een overgang van brak naar zout water op -55 meter t.o.v. NAP. De foraminifeerfauna is erg variabel. De koudwaterindicator *Buccella frigida* komt voor maar neemt af naar boven toe, pieken komen voor op -55, -57 en -59 meter t.o.v. NAP.

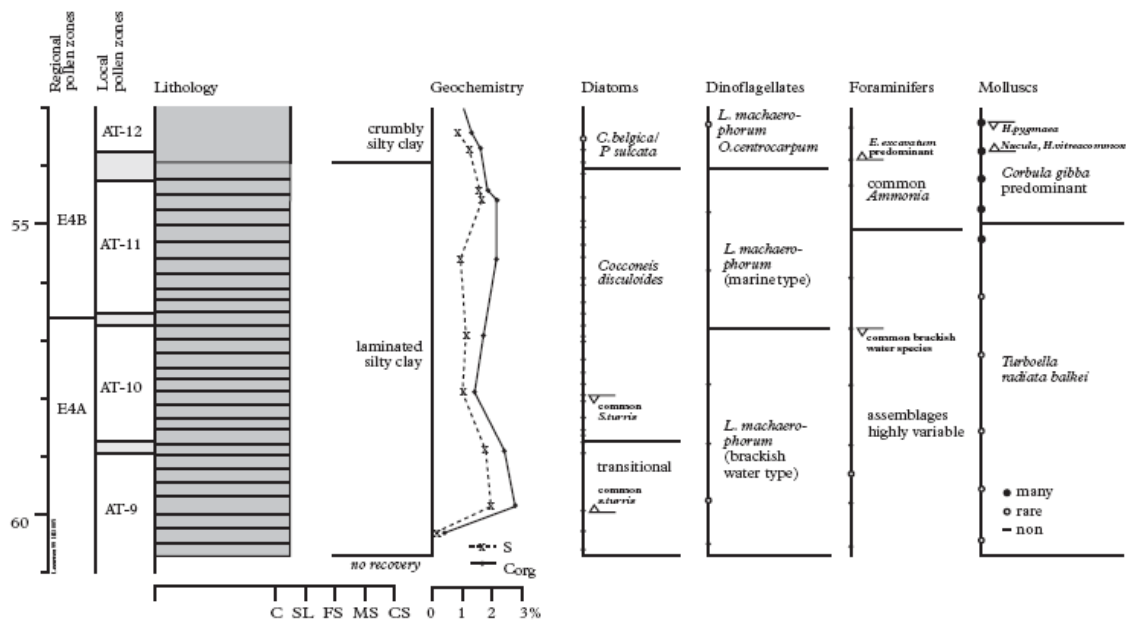


Fig. 5. Stratigraphy, lithology and characteristics of the 53-61 m below surface interval in the Amsterdam-Terminal borehole. Sample levels for the various analyses are indicated.

### 2.2.3 Sequentie E-3

Deze sequentie vangt aan met een kruimelige klei, wat op bodemvorming zou kunnen wijzen. Bovenin komen weer gelamineerde siltige kleien voor. Op -52 meter t.o.v. NAP lijkt een overgang voor te komen op geochemisch gebied. Deze grens is tevens een overgang van moluskhoudend naar veel minder moluskhoudend. Pollenzones AT12 en AT 13 zijn gekenmerkt door gematigd warme pollenspectra met bovenin meer *Carpinus*. Weinig diatomeeën komen voor, de soorten die er (nog) zijn zouden kunnen wijzen op flinke uitloging en hiermee wederom op bodemvorming.

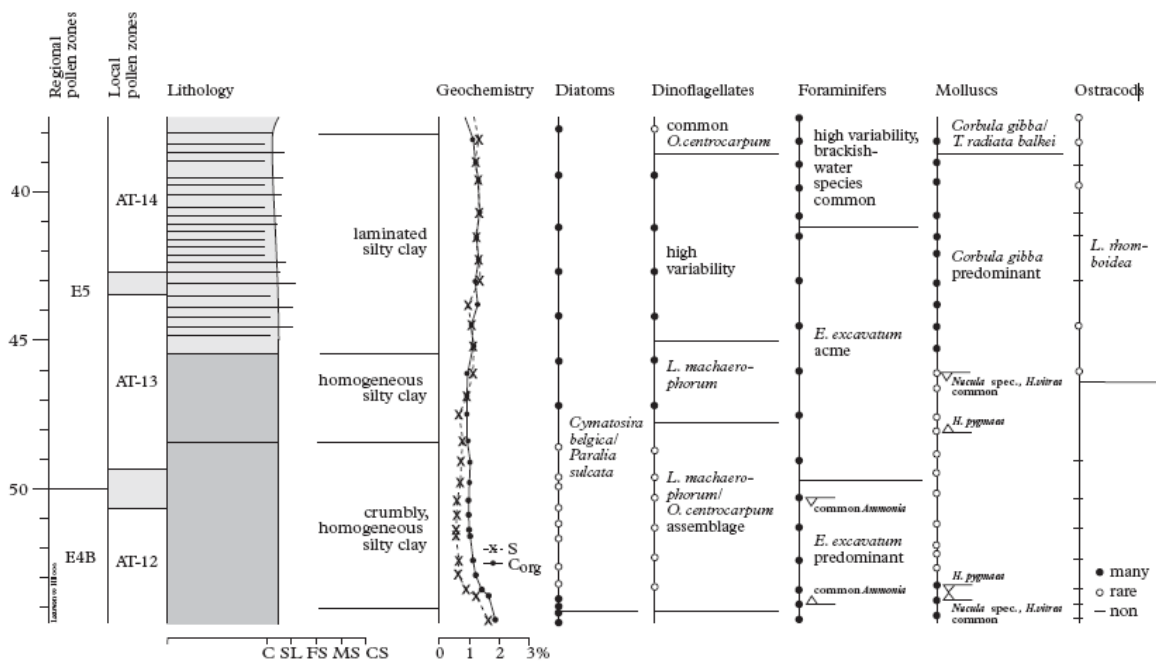


Fig. 6. Stratigraphy, lithology and characteristics of the 38-54 m below surface interval in the Amsterdam-Terminal borehole. Sample levels for the various analyses are indicated.

Boven de kruimelige klei komt een homogene siltige klei voor. De flora- en fauna-inhoud lijkt erg op die van de onderliggende klei, een belangrijk verschil is het feit dat bovenin de eerste ostracoden worden aangetroffen. De gelamineerde siltige klei is de meest lutumrijke van de gehele boring. De zware mineraal associatie wordt nog steeds gedomineerd door hoornblende/alteriet behalve een dun laagje op -38 meter onder NAP waar een 54% granaat voorkomt. De foraminiferen en pollen zijn niet afwijkend van de onderliggende sequenties. Opvallend bij de dinoflagellate cysts is de snelle afwisseling in soorten. *Buccella frigida* komt voor tussen -36 en -39 meter onder NAP.

## 2.2.4 Sequentie E-4

Deze sequentie wordt gekenmerkt door het voorkomen van een coarsening-up in de siltige kleien met op -32 onder NAP een erosieve grens waarboven grove, schelphoudende zanden met een mariene flora- en faunahoud voorkomen. De sequentie vangt aan op -36,5 meter onder NAP. De flora en fauna lijken sterk op die van de huidige Waddenzee. Het grove schelphoudende zand is op het niveau -28,4 meter onder NAP gedateerd (U/Th datering) op 0,12 Ma. Boven deze sequentie komen afzettingen voor met een (peri-)glaciaal karakter. Boven -11,5 meter onder NAP liggen Holocene afzettingen.

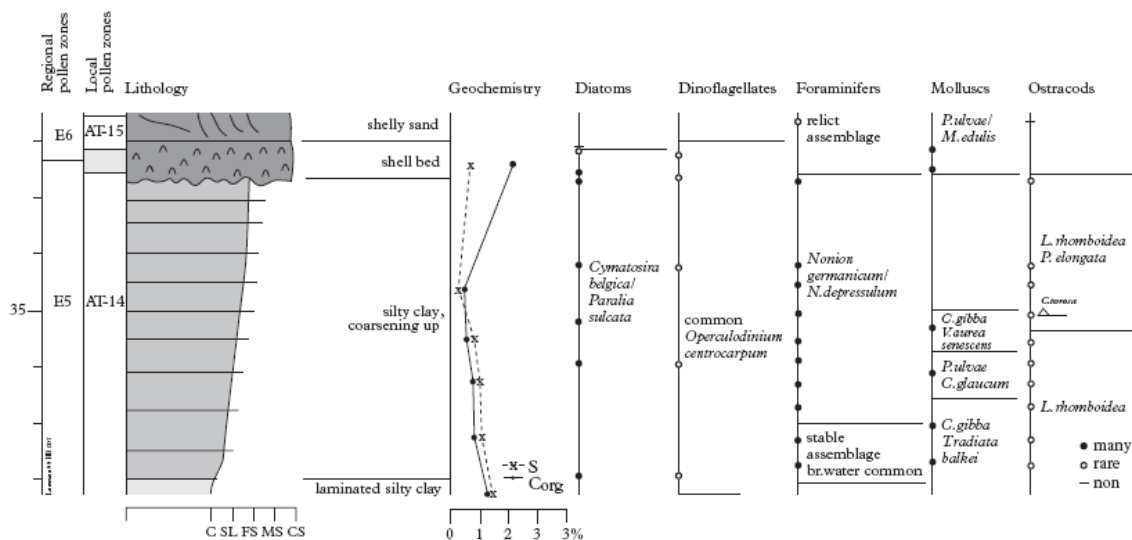


Fig. 7. Stratigraphy, lithology and characteristics of the 32-38 m below surface interval in the Amsterdam-Terminal borehole. Sample levels for the various analyses are indicated.

## 3 Magnetostratigrafie

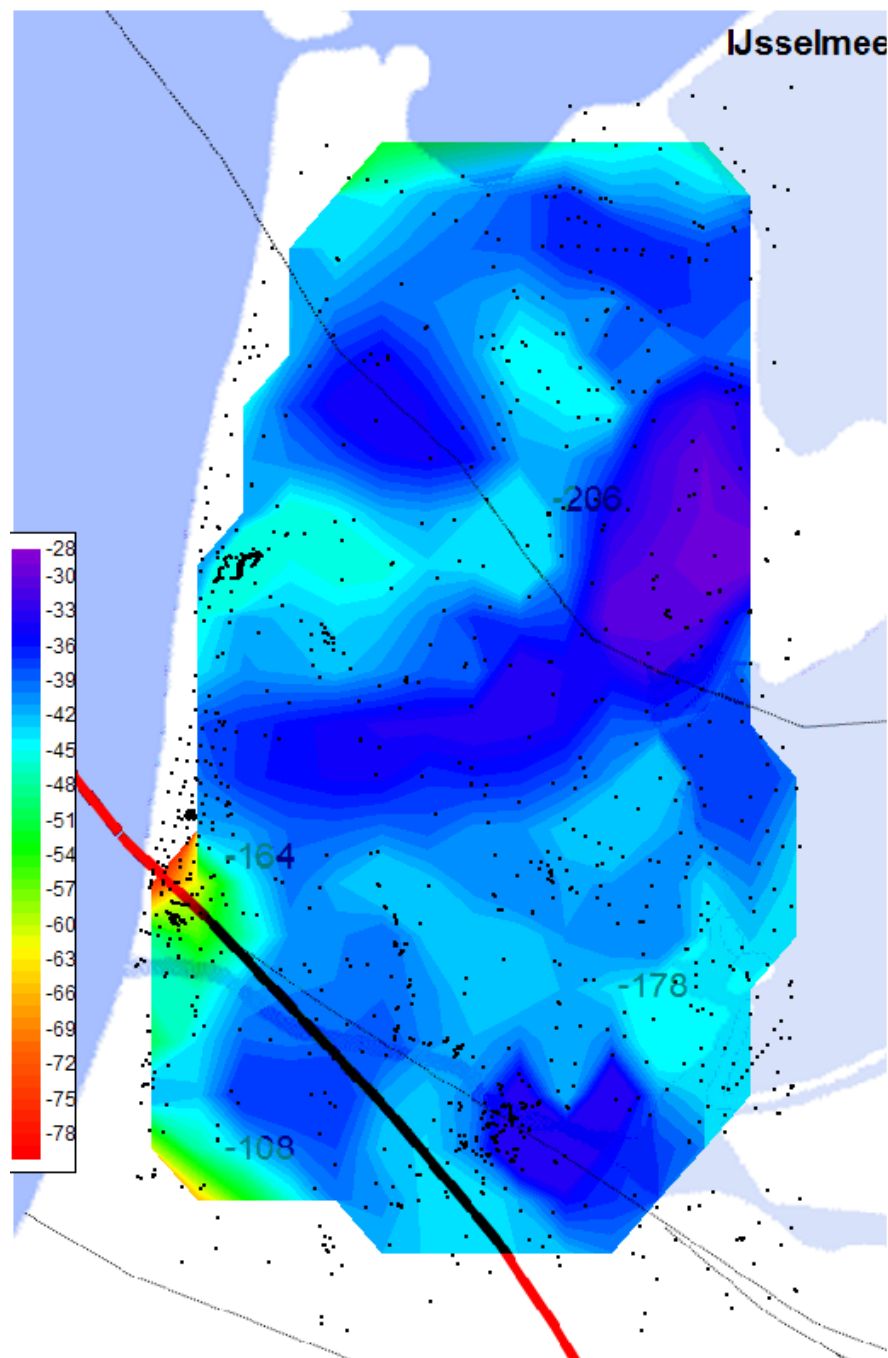
Metingen aan kernen uit de boring zijn verricht om het paleomagnetisme te meten. De uitkomsten waren dubbelzinnig. Het traject tussen -61 en -37 meter onder NAP was niet duidelijk in de uitkomsten. Rond -74 meter onder NAP zijn er vage indicaties van een negatieve polariteit, boven -64 lijkt het er op dat de polariteit normaal is. In het artikel van van Leeuwen wordt dit min of meer gecorreleerd met een lokale reversal (Blake magnetochron).

## 4 Tussenconclusie

Op basis van de in het artikel van van Leeuwen gepresenteerde gegevens ontbreekt mijns inziens het onomstotelijke bewijs dat de E-1 tot E-4 sequentie van Eemien ouderdom is. Tijdsindicatieve elementen ontbreken. Indien de opeenvolging van sedimenten en flora, fauna, sedimentologische en magnetische gegevens op een rij wordt gezet is er nog een alternatieve indeling mogelijk. Het tweede deel van dit hoofdstuk gaat daar op in.

## 5 Diepteligging kleilaag

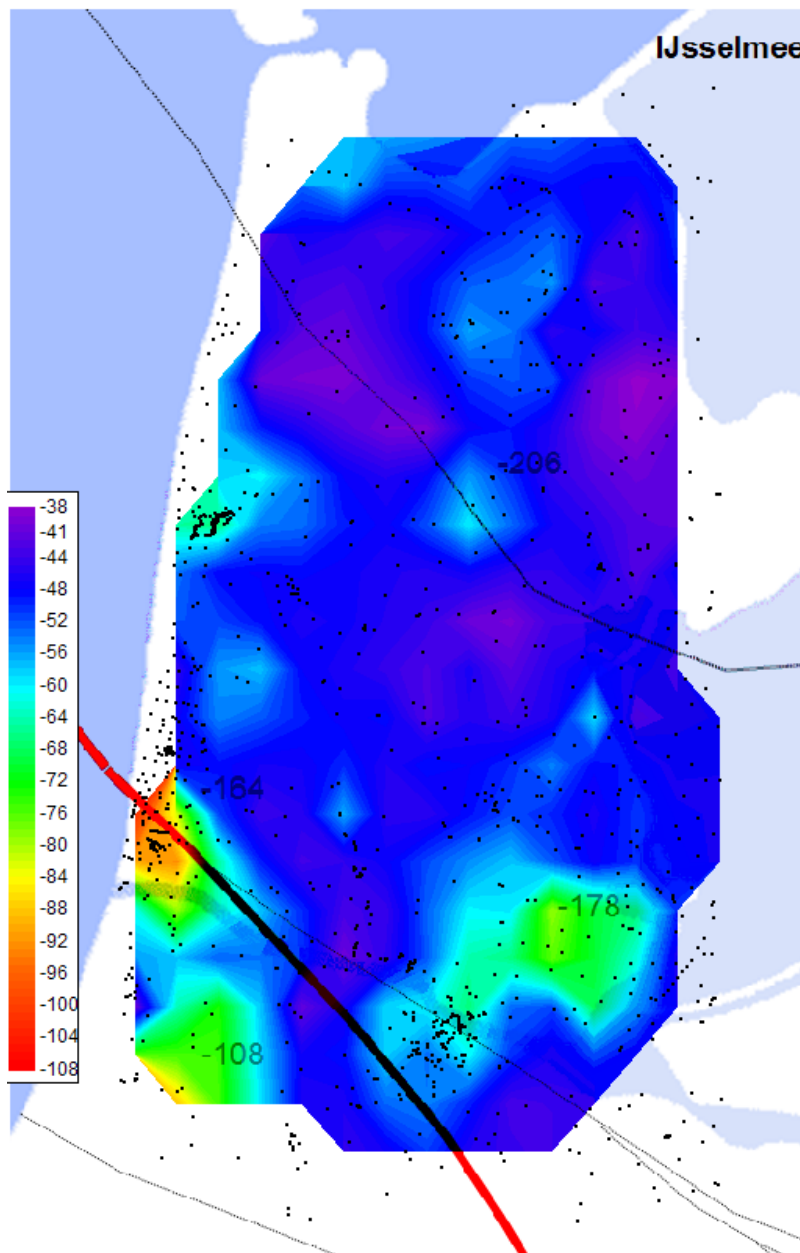
In de ondergrond van de omgeving van Amsterdam komen lokaal dikke kleipakketten voor in de diepteligging tussen -20 en -100 meter onder NAP. Het profiel op de volgende pagina geeft een beeld van de bodem onder Amsterdam. Hieruit komt duidelijk naar voren dat de kleilaag lokaal dikker is dan 40 meter en lokaal maar een paar meter dik. Deze kleilaag is voor boringen uit het gehele kaartblad 14,19 en 25 uitgekarteerd op bovenzijde en onderzijde.



Figuur 5.1 Diepteligging kleilaag in meter onder NAP

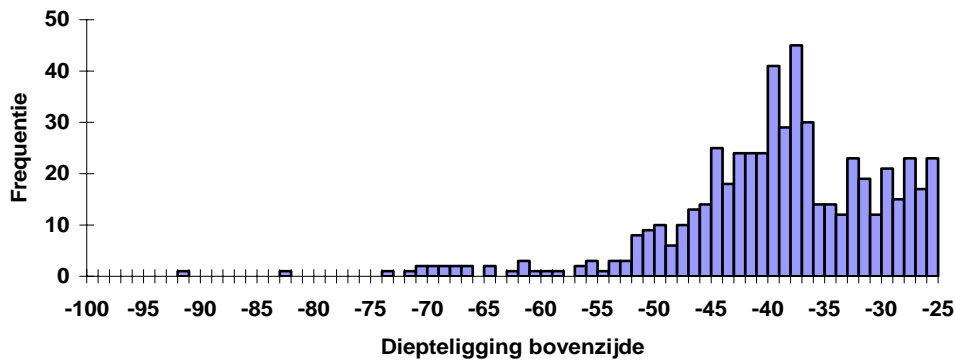


Uit de figuur 5.1, de bovenzijde van de uitgekarteerde kleilaag, komt naar voren dat onder de kop van Noord-Holland een oost-west gerichte kleiband voorkomt. Deze opwelling stamt vermoedelijk uit het Holsteinien of het Eemien. Deze kleiband is in het verleden door de RGD/NITG-TNO als een gestuwde keilemband gekarteerd. Dit zou op zich het vervolg kunnen zijn van de stuwwallen van de Utrechtse Heuvelrug. Anderzijds is de ligging eigenlijk te diep om als Saalien gekarteerd te worden (meer dan -20 onder NAP). Hiernaast ontbreekt informatie over de interne (gestuwde?) structuur. In boringen betreft het een kleilaag. Een zeer diepe ligging van de top van de kleilaag wordt aangetroffen nabij het verlengde van de Peelrandbreuk bij Heemskerk. De kleien die hier voorkomen worden tot deze kleilaag gerekend door het voorkomen van gindige (keileem?) kleien onderin. Onder Amsterdam komt eveneens een kleibult voor, maar die is niet zo uitgesproken als die onder de kop van Noord-Holland.

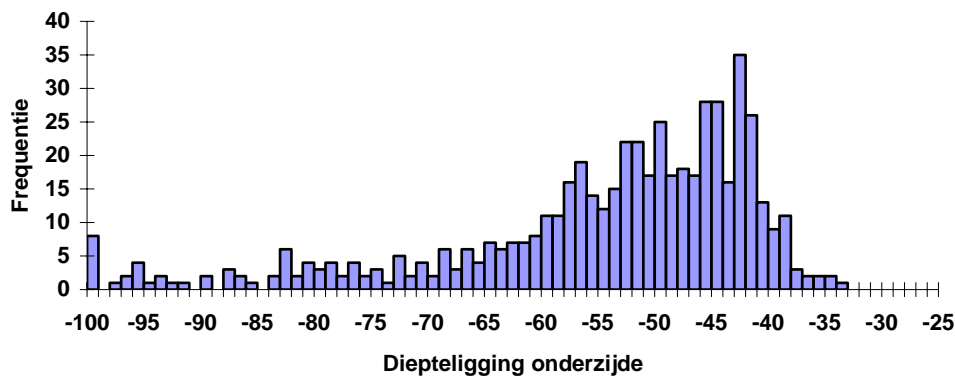


Figuur 5.2 Diepteligging onderzijde kleilaag

Uit figuur 5.2, de diepteligging van de onderzijde van de kleilaag, komt naar voren dat de kleiopwelling onder de kop van Noord-Holland geen vertaling naar de diepere ondergrond heeft, onder Amsterdam komt wel een dikke kleilaag voor. Een tweede diepe put bevindt zich onder Bergen. De verdeling van de ligging van de top van de kleien vertoont een duidelijke piek voor -38 meter onder NAP. In de AT-boring komt eveneens op -38 een duidelijke erosieve indicatie voor zie figuur 5.3. In figuur 5.4 is de verdeling van de diepteligging van de onderzijde weergegeven. Hier is de grens van -38 veel minder uitgesproken, maar nog wel aanwezig.



Figuur 5.3 Frequentieverdeling diepteligging top kleilaag



Figuur 5.4 Frequentieverdeling diepteligging onderzijde kleilaag

Deze grens op -38 meter onder NAP wordt door mij beschouwd als Sequence Boundary. Hier ligt mogelijk een (fors) tijdshiaat. Deze grens ontbreekt vrijwel volledig bij van Leeuwen.

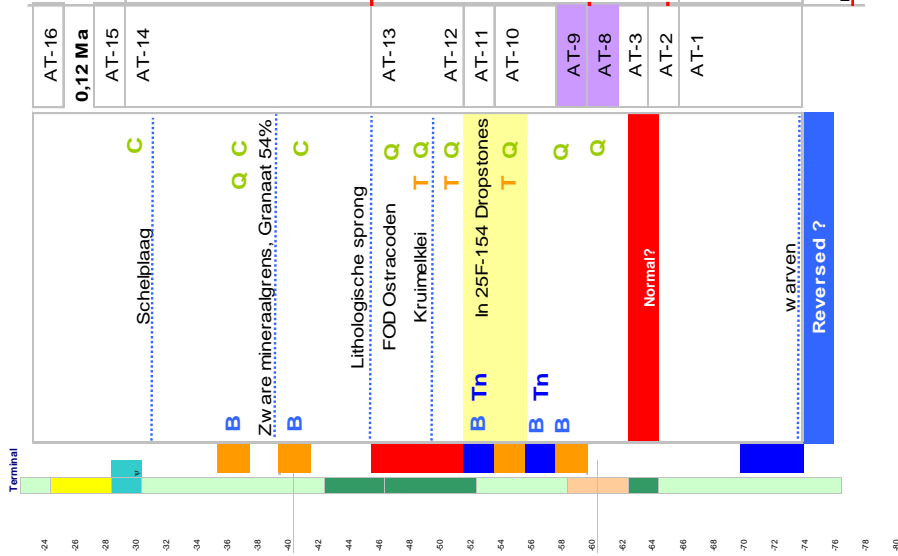
## 6 Vergelijk met 50E-699

Indien de sequentie in de AT-boring wordt vergeleken met de opeenvolging in afzettingen zoals die bij Gilzerbaan, in boring 50E-699 (D27n) zijn aangetroffen zijn er een aantal opvallende overeenkomsten. De beide sequenties zijn opgenomen op de volgende pagina. Hoewel ik de eerste ben die zal toegeven dat toeval bestaat wil ik hier toch een aantal zaken noemen:

- De Sterksel sequenties S2, S3 en S4 zijn net zo dik als de sequenties bij Amsterdam
- Het reversed polarity niveau onderin de AT sequentie komt overeen met de onderzijde van de S2-sequentie die op MIS 20 te dateren zou zijn.
- De overgang naar de normal polarity komt overeen met het niveau waarop bij Gilzerbaan MIS 18 gesitueerd is
- Bovenin MIS 17 op de lokatie Gilzerbaan komt een zeer hoog niveau van vertering (grind zowel als U-Th-K indicatie) voor met humeuze trajecten. Op de lokatie AT komt hier de sapropel (Hartinglaag) voor.
- Onderin MIS 16 komt te Gilzerbaan veel grof grind voor met granietjes en windlak, in de AT-sequentie komen polaire faunasoorten voor. In de nabijheid van AT zijn door de RGD zelfs dropstones op dit niveau gemeld.
- De top van MIS 15 is op de lokatie Gilzerbaan kalkrijk met humeuze trajecten. Bij de AT-boring komt hier kruimelklei voor, mogelijk indicatief voor bodemvorming.
- De lithologische sprong in de AT-boring op -44 onder NAP waarboven de homogene kruimelklei overgaat in een gelaagde siltige klei met ostracoden. Deze sprong is de top van de Sterksel sequenties bij Gilzerbaan.

## 7 Slotconclusie

De datering van de opeenvolging van sedimenten zoals die in de AT-boring zijn aangetroffen kunnen, naast de uitleg van van Leeuwen, eveneens met een alternatieve tijdsindeling worden ingedeeld. Naast een dikke Eemien sequentie, waarbij door van Leeuwen een redelijk complex afzettingsmilieu is bedacht, kunnen de afzettingen ook worden uitgelegd met Sterksel equivalenten in de leeftijd MIS 20 tot MIS 12. De boven de -38 grens liggende kleilaag zou dan van Holsteinien ouderdom kunnen zijn met hier weer boven periglaciale afzettingen uit het Saalien. Tenslotte wordt de schelplaag vanaf -30 onder NAP gedateerd op Eemien. Het voordeel van de laatste indeling is een sedimentatiesnelheid die in lijn met andere sedimentatiesnelheden in de Nederlandse afzettingen liggen. Deze ligt dan namelijk op circa 10 cm/Kyr. Indien de uitleg van van Leeuwen wordt gevolgd ligt de sedimentatiesnelheid op 350 cm/Kyr. Dit aspect is bij van Leeuwen onderbelicht gebleven. Met deze alternatieve tijdsindeling valt de bodem onder de GSSP voor het Eemien weg.



- Koude indicatoren
- Warme indicatoren
- Gemiddeld warme indicatoren
- Voorkomen *Burcollia inflata*
- Voorkomen *Thalassiosira nordenskiöldii*
- Voorkomen *Taxus*
- Voorkomen *Quercus*
- Voorkomen *Carpinus*

Boring D27n  
Geboord augustus 2005  
X 130.3  
Y 395.9  
Z +1.4 (m+NAP)

Maatveld	Glimmer		Houtrest		Schelpen		Grind		Glaucon		Kalk		Opmerkingen
	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	
14	0	1											
13	1	2											
12	2	3											
11	3	4											
10	4	5											
9	5	6											
8	6	7											
7	7	8											
6	8	9											
5	9	10											
4	10	11											
3	11	12											
2	12	13											
1	13	14											
0	14	15											
-1	15	16											
-2	16	17											
-3	17	18											
-4	18	19											
-5	19	20											
-6	20	21											
-7	21	22											
-8	22	23											
-9	23	24											
-10	24	25											
-11	25	26											
-12	26	27											
-13	27	28											
-14	28	29											
-15	29	30											
-16	30	31											
-17	31	32											
-18	32	33											
-19	33	34											

**Lithologie**  
 14 Maalveld  
 13 zand  
 12 zand  
 11 humeus zand  
 10 kleilig zand  
 9 5 licht kleilig zand  
 8 6 zeer licht kleilig zand  
 7 7 matig fijn zand  
 6 8 zand  
 5 9 kleilig zand  
 4 10 11 zeer grof zand  
 3 12 kleilig grof zand  
 2 13 zeer grof zand  
 1 14 zeer grof zand  
 0 15 zeer grof zand  
 -1 16 grof zand  
 -2 17 grof zand  
 -3 18 matig grof zand  
 -4 19 grof zand  
 -5 20 kleilig zand  
 -6 21 grof zand  
 -7 22 matig grof zand  
 -8 23 zand  
 -9 24 zand  
 -10 25 grof zand  
 -11 26 27 matig grof zand  
 -12 28 29 grof zand  
 -13 27 28 grof zand  
 -14 28 29 grof zand  
 -15 29 30 grof zand  
 -16 30 31 matig grof zand  
 -17 31 32 grof zand  
 -18 32 grof zand  
 -19 33 34 grof zand

**Opmerkingen**  
 11-12 lydet, restgesteente melkwas 2 cm  
 13-14 kalkstructuur, humeuze kleiballen  
 15-16 lydet  
 17-18 Grindmonster, 1 zaadje met ribben (Vils)  
 19-20 Maasgrind (duidelijk pyriet) 4 cm kleiballen  
 21-22 maasgrind, paar kleiballen  
 23-24 melkwas, vuursteen, maasgrind, veel kleiballen  
 25-26 7 cm grind, klein granietje met veel veldspaat, windlak, grind met veel putten, sterk verweerd  
 27-28 5 cm grind  
 29-30 5 cm grind, matig veel beige kleiballen  
 31-32 2 cm grind, grijs, veel humeuze kleiballen, grind sterk verweerd  
 33-34 1 cm grind, fijn en maas, vuursteen, veel kleiballen  
 meer in putten maasgrind, kleiballen  
 paar kleiballen  
 35-36 Keurig kleiballen  
 37-38 Homogeen zand  
 39-40 Houtresten zand  
 41-42 fijn grind  
 43-44 fijn grind  
 45-46 matig veel kleiballen  
 47-48 ijzerplaatjes  
 49-50 4 cm grind, veel kleiballen  
 51-52 kleiballetjes  
 53-54 2 cm grind, veel kleiballen

## 8 Litteratuur

- Cleveringa, P. 2000 The Eemian type locality at Amersfoort in the central Netherlands: redeployment of old and new data. In: Van Kolfschoten, Th. & Gibbard, P.L. (eds.): The Eemian – local sequences, global perspectives. *Geologie en Mijnbouw / Netherlands Journal of Geosciences* 79: 197-216
- Harting, P 1874 De bodem van het Eemdal *Verslagen en Mededelingen van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, afdeling Natuurkunde II* 8: 282-290
- Harting, P 1875 Le système Eemien *Archives Néerlandaises des Sciences Exactes et Naturelles de Société Hollandaise de Sciences à Harlem* 10: 443-454.
- Kadey, L. 1990 Diatomite In: *Surface mining, SME* pp. 153-158
- Laban, C 1995 The Pleistocene glaciation in the Dutch sector of the North-Sea Thesis, Amsterdam
- Lisiecki, L. E., and M. E. Raymo 2005 A Plio-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}O$  records *Paleoceanography*, doi:10.1029/2004PA001071.
- Van Leeuwen R.J.W. et.al. 2000 Stratigraphy and integrated facies analysis of the Saalian and Eemian sediments in the Amsterdam-Terminal borehole, the Netherlands In: Van Kolfschoten, Th. & Gibbard, P.L. (eds.): The Eemian – local sequences, global perspectives. *Geologie en Mijnbouw / Netherlands Journal of Geosciences* 79: 197-216
- Van Voorthuysen, J.H 1957 Foraminiferen aus dem Eemien (Riss-Würm-Interglazial) in der Bohrung Amersfoort I (Locus typicus). *Mededelingen Geologische Stichting* 11: 28-39. Zagwijn, W.H., 1961. Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of The Netherlands, Part I: Eemian and Early Weichselian. *Mededelingen Geologische Stichting* 14:15-45.