



# Bodemkundig-geologische inventarisatie van de gemeente Winterswijk

M. van den Bosch  
F. Brouwer



Alterra-rapport 1797, ISSN 1566-7197



# **Bodemkundig-geologische inventarisatie van de gemeente Winterswijk**

M. van den Bosch  
F. Brouwer

Alterra-rapport 1797

Alterra, Wageningen, 2009

In opdracht van De Gemeente Winterswijk

## REFERAAT

M. van den Bosch en F. Brouwer, 2008. *Bodemkundig-geologische inventarisatie van de gemeente Winterswijk*. Wageningen, Alterra, rapport 1797. 38 blz.; 6 fig.; 2 tab.; 35 ref.

Voor het uitvoeren van maatregelen op het gebied van Nationaal Landschap, Euregio, EHS, waterbeheer en natuurontwikkeling wil de gemeente Winterswijk op perceelsniveau inzicht hebben in de kwaliteit van de bodem. Daartoe heeft de gemeente opdracht gegeven alle bestaande bodeminformatie samen te voegen tot een gedetailleerde en geïntegreerde bodemkaart en geologische kaart. Negen bodemkaarten uit het archief van Alterra en ca. 3200 geologische boringen uit het archief van het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk zijn hiervoor verwerkt. De benodigde informatie is zowel analoog als digitaal aan de gemeente verstrekt.

Trefwoorden: bodemkaart, bodemkwaliteit, geologie, Gemeente Winterswijk.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl) (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice).

© 2009 Alterra

Postbus 47, 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Projectnummer 5234006

[Alterra-rapport 1797/mei 2009]

# Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	6
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Doel van het onderzoek	8
1.3 Ligging en fysiologie	8
1.4 Werkwijze	9
2 Methode	11
2.1 Basisgegevens	11
2.1.1 Bodemkaarten, schaal 1 : 10.000	12
2.1.2 Geologische boringen	12
2.2 Compilatie van de bodemkaart, schaal 1 : 10.000	13
2.3 Geologisch onderzoek	13
2.3.1 Voorgeschiedenis en verantwoording	13
2.3.2 Stratigrafie van het Kwartair	16
2.3.3 Stratigrafie van het Tertiair	17
2.3.4 Stratigrafie van het Mesozoïcum, stratigrafische tabel	20
2.3.5 Lithologische classificatie	21
3 Resultaten	25
3.1 Bodemkaart, opnameschaal 1 : 10.000, presentatieschaal 1 : 25.000, kaart 1	25
3.2 Boorpunten met aangetroffen Tertiair of Mesozoïcum, betrouwbaarheid, kaart 2	26
3.3 Reliëf bovenkant Tertiair-Mesozoïcum, kaart 3	26
3.3.1 Eerst aangetroffen afzetting onder het Kwartair en tektoniek, kaart 4	27
3.3.2 Doorlatendheid van het Tertiair en Mesozoïcum, kaart 4	28
3.3.3 Tektoniek, kaart 4 en 5	28
3.3.4 Profielen, kaart 5	30
3.3.5 Geologisch-bodemgeografische oppervlaktekaart, kaart 6	31
4 Conclusies	33
4.1 Algemeen	33
4.2 Betrouwbaarheid	33
4.3 Stratigrafie	35
4.4 Landschapsvoming, een korte impressie	35
Literatuur	36
Kaarten (op Cd-Rom in pdf-bestand)	
1 Bodemkaart (blad 1 en 2), opnameschaal 1 : 10.000, presentatieschaal 1 : 25.000	
2 Boorpunten met aangetroffen Tertiair of Mesozoïcum, schaal 1 : 25.000	
3 Reliëf bovenkant Tertiair-Mesozoïcum, schaal 1 : 25.000	
4 Eerst aangetroffen afzetting onder het Kwartair en tektoniek, schaal 1 : 25.000	
5 Profielen (blad 1 t/m 4)	
6 Geologisch-bodemgeografische oppervlaktekaart, schaal 1 : 25.000	

## **Woord vooraf**

In de gemeente Winterswijk zullen in de toekomst veel maatregelen uitgevoerd moeten worden op het gebied van Nationaal Landschap, Euregio, EHS, waterbeheer en natuurontwikkeling. De gemeente Winterswijk wil voor het bodemkundig, geologisch en hydrologisch interpreteren van de verschillende gronden op perceelsniveau inzicht hebben in de kwaliteit van de bodem. Hierbij speelt het afstemmen en integreren van de bodemkaart en de geologische kaart op gedetailleerd niveau een belangrijke rol.

Voor het uitwerken van deze kaarten uit reeds bestaand kaartmateriaal was de heer De Lange, medewerker afd. Landschap en Stedelijke Ontwikkeling contactpersoon. Het digitaliseren en samenstellen van de bodemkaarten van de verschillende deelgebieden is uitgevoerd door F. Brouwer, bodemgeografisch onderzoeker bij Alterra. Het uitwerken van de geologische boringen tot een overzichtskaart van de diepte keileem-Tertiair, reliëf en stratigrafie bovenkant oude klei (Tertiair-Mesozoïcum) en dwarsprofielen is uitgevoerd door M. van den Bosch, geoloog bij het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk.

## Samenvatting

Dit onderzoek had tot doel om de bodemgesteldheid en de geologische geaardheid van de gemeente Winterswijk met een westelijke randzone (Oost-Nederlands Plateau) in kaart te brengen met behulp van bestaand archiefmateriaal van Alterra en het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk.

Voor het in kaart brengen van de bodemgesteldheid zijn negen verschillende bodemkaarten gebruikt, gemaakt vanaf 1968 tot 2000. Door ongelijke karteringsdiepte binnen de bodemkaarten zijn verschillen ontstaan in de weergave en locatie van keileem en “oude klei”. De karteringen van 1997 en 2000 zijn tot 1,80 m uitgevoerd en daarin kon wat betreft de “oude klei” onderscheid worden gemaakt tussen keileem en afzettingen uit het Tertiair-Mesozoïcum. Dat is belangrijk, want onder de keileem komt dikwijls een pakket grof zand voor. Indien Tertiair-Mesozoïcum bereikt is, kan dit worden uitgesloten. Bij de oudere bodemkaarten was de boordiepte 1,50 of 1,20 m – mv. Bij deze kaarten is geen onderscheid aangebracht tussen keileem en “oude klei”. Hierdoor zijn hinderlijke hiaten in de kennis ontstaan. Door verschillen in ouderdom van de gebruikte bodemkaarten, zijn plaatselijk ook verschillen in bodemcodes ontstaan. Vooral op locaties waar veen voorkomt, kunnen deze verschillen zich goed manifesteren. Door de jaren heen kan door oxidatie en verwerking de dikte van het veenpakket afnemen. De begrenzingen van de verschillende bodemkundige karteringen zijn daarom op de samengestelde bodemkaart (kaart 1) aangegeven. Van enkele gebieden, waaronder het dorp Winterswijk zelf, zijn geen bodemkundige gegevens aanwezig.

Het geologische gedeelte is samengesteld uit archiefmateriaal, bijgewerkt tot september 2008. Alles werd voor deze gelegenheid opnieuw geïnterpreteerd en uitgewerkt ten opzichte van NAP. Daardoor is een driedimensionaal beeld ontstaan. Dit beeld kon worden gepresenteerd in de vorm van een reliëfkaart bovenkant Tertiair-Mesozoïcum en 32 dwarsprofielen door het gebied. Daaruit is een lithostratigrafische geologische kaart van de top Tertiair-Mesozoïcum voortgekomen en een interpretatie van de tektonische structuren. De doorlatendheid van de betreffende sedimenten kon globaal worden aangegeven. Bovendien zijn diepe smeltwatergeulen en beekdalen in beeld gekomen.

De in het geologisch onderzoek gebruikte onderzoeksmethode en lithostratigrafische indeling van het Tertiair zijn in de loop van bijna 50 jaar ontstaan uit behoefte naar detail die dit specifieke onderzoeksveld met zich meebrengt. Gelijktijdig onderzoek aan dezelfde afzettingen in Duitsland en België is van grote invloed geweest. In deze rapportage worden de methoden beschreven.

Aandacht is besteed aan de betrouwbaarheid van de interpretaties. Een waarnemingsdichtheid van 1 boring per 2,5 ha (40 boringen per km<sup>2</sup>) geeft een betrouwbaar beeld voor de gehanteerde schaal 1 : 25.000. Bij minder boringen neemt dit snel af. Vooral de interpretatie van de omvang van de smeltwatergeulen en beekdalen is daarvoor gevoelig. Juist daarin zijn minder waarnemingen, wat ertoe leidt dat het geo-hydrologisch model in die gebieden nog niet erg sterk overeind staat. Van de verspreiding van een reeks afsluitende lagen in de smeltwatergeulen en beekdalen is onvoldoende bekend.



Tot slot wordt een beknopt overzicht gegeven van de processen die tot de vorming van het huidige landschap hebben geleid. Vondsten van fossielen zijn in deze rapportage buiten beschouwing gelaten.

Een alles samenvattende publicatie over de bodemkundige resultaten en de geologie van het Kwartair, Tertiair en Mesozoïcum is wenselijk. De hier gepresenteerde rapportage is bedoeld voor intern gebruik.

# **1 Inleiding**

## **1.1 Aanleiding**

In de gemeente Winterswijk (fig. 1) zullen in de toekomst veel maatregelen uitgevoerd moeten worden op het gebied van Nationaal Landschap, Euregio, EHS, waterbeheer en natuurontwikkeling.

Om de verschillende gronden in de gemeente Winterswijk bodemkundig, geologisch en hydrologisch te kunnen interpreteren, is het noodzakelijk om op perceelsniveau inzicht te hebben in de kwaliteit van de bodem. Hierbij speelt een gedetailleerde en geïntegreerde bodemkaart en geologische kaart een belangrijke rol. Deze dient namelijk als basis bij de uitvoering van regionale, nationale en zelfs internationale maatregelen. Daarnaast kan deze kaart voor meerdere doeleinden worden gebruikt, zoals landinrichting, landbouw, milieu en waterwinning en het beoordelen van bouwlocaties.

## **1.2 Doel van het onderzoek**

Het onderzoek heeft als doel om de bodemgesteldheid en de geologische geaardheid van de gemeente Winterswijk met een westelijke randzone (Oost-Nederlands Plateau: ca. 17.325 ha, fig 2) digitaal in kaart te brengen. Deze doelstelling vertaalt zich in het vervaardigen van een gedetailleerde en geïntegreerde bodemkaart en geologische kaart uit reeds bestaand kaartmateriaal van het gebied en publicatie van deze kaart met verklarende tekst en dwarsprofielen.

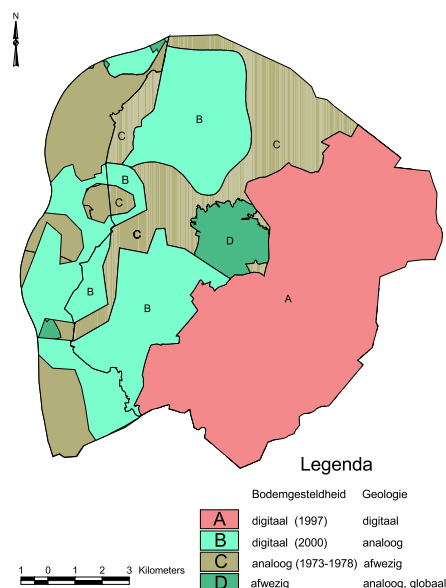
## **1.3 Ligging en fysiologie**

De gemeente Winterswijk is de meest oostelijk gelegen gemeente van Gelderland (fig. 1). In het noorden, oosten en zuiden wordt het gebied begrensd door Duitsland, in het noordwesten door de gemeente Oost Gelre en in het zuidwesten door de gemeente Aalten. De gemeente Winterswijk maakt deel uit van het zgn. Oost-Nederlands Plateau (20-50 m + NAP) dat in het oosten wordt begrensd door hoger gelegen gronden in Duitsland (50-70 m + NAP). Het westen van de gemeente bestaat voornamelijk uit een glaciale smeltwatergeul en het dal van de Aaltense Slinge. Het landschap en de bodemopbouw worden op het plateau vooral bepaald door ondiep gelegen keileem- en oude kleigronden. Daartussen bevinden zich glaciale stroomdalen met pleistocene zandgronden en overgangsgonden in bedolven beeklopen. De aard en diepte van keileem en oude klei (Tertiair-Mesozoïcum) lopen sterk uiteen. Op de overgang naar de stroomdalen komen -naast de zandgronden- moerige gronden voor, waarbij zowel bovengrond als ondergrond van samenstelling variëren. In de stroomdalen komen naast zandgronden, met of zonder kleidek, ook veengronden voor.

Voor het waterbeheer is het Waterschap Rijn en IJssel verantwoordelijk.



Figuur 1 Ligging van de gemeente Winterswijk



Figuur 2 Overzicht van de verschillende deelgebieden, waarvan een bodemkaart beschikbaar is, van de gemeente Winterswijk met randzone (Oost-Nederlands Plateau)

## 1.4 Werkwijze

Uit de inventarisatie bleek dat binnen de omgrenzing van het Oost-Nederlands Plateau vier digitale bodemkaarten en vijf analoge bodemkaarten uit het archief van Alterra (incl. Stiboka en Staring Centrum) beschikbaar zijn (fig. 3). De vier digitale bodemkaarten van deelgebied A en B (fig. 2) zijn door Alterra geïntegreerd tot één bestand. Hiervoor is gebied A (Bosch, van den & Kleijer 2003) als basis gebruikt. De vijf analoge bodemkaarten van deelgebied C zijn gescand en van geo-referentie voorzien. Vervolgens is deelgebied C gedigitaliseerd en geïntegreerd met de deelgebieden A en B. De digitale bodemkaart is hiermee bijna gebiedsdekkend voor het Oost-Nederlands Plateau. Voor de compilatie van de bodemkaart, schaal 1 : 10.000 is één overkoepelende legenda samengesteld. Deze legenda volgt de indeling van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000. Bij enkele gronden zijn binnen de overkoepelende legenda extra eenheden onderscheiden door een opsplitsing in dunne en matig dikke eerdlagen aan te brengen en bij de rivierkleigronden zijn de profielverlopen 2 en 5 zuiver gehouden.

Het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk heeft uit haar archief alle boorinformatie (van Alterra en de geologische boringen tezamen) uitgewerkt tot een puntenkaart t.o.v. NAP van die locaties waarin de basis Kwartair en top Tertiair-Mesozoïcum is aangetroffen (kaart 2). Met inachtneming van alle boringen waarin de basis van de kwartaire afzettingen niet bereikt werd, is dit alles uitgewerkt tot een kaart met contourlijnen van de top Tertiair-Mesozoïcum. Keileem wordt tot de kwartaire afzettingen gerekend, deze is veelal doorlatend en eronder kan zich nog een aanzienlijk pakket grof zand bevinden. Waar keileem ondiep aanwezig is, is dit in de bodemkaart (kaart 1) aangegeven. In de contourlijnen werd onderscheid gemaakt tussen gebieden met voldoende waarneming (40 boringen per km<sup>2</sup>) en gebieden met

onvoldoende informatie (slechts enkele boringen per km<sup>2</sup> of nog minder) als maat van betrouwbaarheid.

Beneden het NAP-vlak werd niet geïnterpreteerd, het aantal boringen waarin de basis Kwartair bereikt is, is hier te gering voor een nog min of meer geloofwaardige interpretatie. Dit in tegenstelling tot een eerdere versie (Meene, van de, et al., 1996). Tot een hoogte van 20 meter boven NAP werden contouren per 5 meter, daarboven per 2,5 meter geïnterpreteerd (kaart 3).

Vervolgens werden op basis van de diepere boringen en de resultaten uit bodemkundige boringen 32 profielen door het gebied uitgewerkt, de meeste tot de basis Tertiair-top Mesozoïcum (kaart 5). Omdat dit nooit eerder zo uitgebreid heeft plaatsgevonden heeft dit veel tijd gekost, maar werd als noodzakelijk gezien om alle landschapselementen en de gecompliceerde tektoniek in beeld te krijgen.

Pas daarna werd de kaart vervaardigd van de eerst aangetroffen afzetting onder het Kwartair en de tektoniek (kaart 4). Deze kaart werd geheel opnieuw ontworpen, waarbij de profielen en gebiedsdekkende waarnemingen uit de bodemkundige boringen een grote rol hebben gespeeld. Deze kaart is dan ook op veel punten anders dan eerdere versies hiervan (Brand, van den, Bosch, van den & Hamhuis, 1981; Bosch van den, 1994). Er zijn op dit moment aanzienlijk meer boorgegevens.

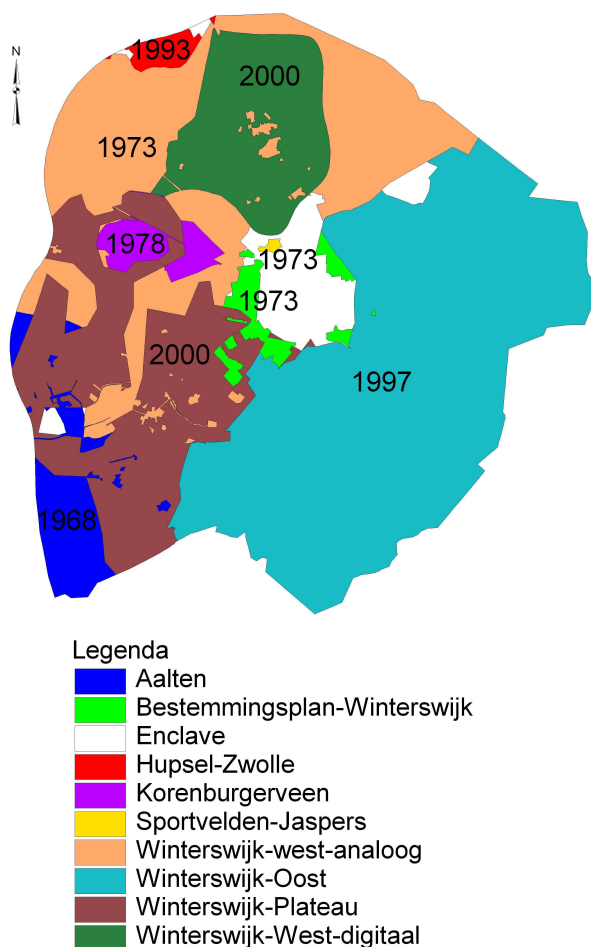
Kaart 6 tot slot is tot stand gekomen door bodemgeografische eenheden samen te voegen tot geologische, landschapsgebonden eenheden (Bosch, van den & Kleijer 2003).

## 2 Methode

Bij aanvang van dit project is gekeken naar de aanwezigheid van beschikbaar bodemkaartmateriaal en boorbesteden. De uitkomst van deze inventarisatie staat in dit hoofdstuk beschreven bij paragraaf 2.1. Daarna zijn de verschillende bodemkaarten samengevoegd tot één digitaal bestand (par. 2.2) en zijn de geologische boringen lithologisch en stratigrafisch nader uitgewerkt tot vlakken (par. 2.3). De integratie van de bodemkaart en de geologische kaart wordt beschreven in par. 2.4.

### 2.1 Basisgegevens

In totaal zijn negen bodemkaarten uit het archief van Alterra (incl. Stiboka en Staring Centrum) gebruikt voor de compilatie van de bodemkaart, schaal 1 : 10.000 (fig. 3 en kaart 1) en ca. 3200 diepere geologische boringen uit het archief van het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk (incl. NITG-TNO) voor het vervaardigen van de reliëfkaart bovenkant Tertiair-Mesozoïcum (kaart 2 en 3) en de stratigrafie van de bovenkant "oude klei" (Tertiair-Mesozoïcum) en tektoniek (kaart 4). Veel van de belangrijkste geologische boringen zijn uitgezet in 32 dwarsprofielen, meest tot de basis Tertiair (kaart 5).



*Figuur 3* Overzicht van de negen bodemkaarten van de Gemeente Winterswijk met randzone (Oost-Nederlands Plateau)

### 2.1.1 Bodemkaarten, schaal 1 : 10.000

Voor de aanvang van dit project was de beschikbaarheid en het uitwerkingsniveau van bodemkundige gegevens, schaal 1 : 10.000 van het Oost-Nederlands Plateau op te delen in de volgende vier deelgebieden (fig. 2):

- A. Oppervlakte ca. 6910 ha. Bestaat uit de digitale bodemkaart:
  - herinrichting Winterswijk-Oost (Kleijer & Ten Cate 1998).
- B. Oppervlakte ca. 3625 ha. Bestaat uit de digitale bodemkaarten:
  - ruilverkaveling Hupsel-Zwolle (Brouwer 1994);
  - herinrichting Winterswijk-West (Kleijer 2000);
  - herinrichting Winterswijk-Plateau (Kleijer 2000).
- C. Oppervlakte ca. 2655 ha. Bestaat uit de analoge bodemkaarten:
  - ruilverkaveling Aalten (Kloosterhuis et al. 1968);
  - bestemmingsplan Winterswijk (Dekkers & Zegers 1973);
  - sportveldencomplex "Jaspers" (Dekkers & Zegers 1973);
  - ruilverkaveling Winterswijk-West (Pleijter et al. 1973);
  - natuurgebied Korenburgerveen e.o. (te Riele & Geenen 1978).Op deze bodemkaarten is geen onderscheid gemaakt tussen keileem en tertiaire afzettingen.
- D. Oppervlakte ca. 690 ha: het resterende gebied, met name de bebouwde kom van Winterswijk. Van dit deelgebied is geen bodemkaart aanwezig.

### 2.1.2 Geologische boringen

Voor de vier deelgebieden van het Oost-Nederlands Plateau (fig. 2) geldt ook een verschil in beschikbaarheid en mate van uitwerking van de geologische gegevens:

- A. De digitale bodemkaart van Kleijer & Ten Cate (1998) is in 2003 met de 'ondiepe' geologische opbouw geïntegreerd op schaal 1 : 50.000 (Bosch, van den & Kleijer 2003). De integratie betreft alleen de diepte van de top van het Tertiair- Mesozoïcum. De stratigrafie en lithologie zijn binnen het huidige project uitgewerkt.
- B. De drie digitale bodemkaarten zijn nog niet geïntegreerd met de 'ondiepe' geologische opbouw; de boringen zijn wel geologisch geïnterpreteerd.
- C. Verspreid zijn enkele boringen aanwezig.
- D. Een aantal diepere boringen zijn aanwezig, maar te weinig om tot een reliëfkaart 'Bovenkant Tertiair' te komen. Het dal van de Whemerbeek kan hiermee bijvoorbeeld nog niet goed worden getraceerd.

## **2.2 Compilatie van de bodemkaart, schaal 1 : 10.000**

De digitale bodemkaart van Kleijer & Ten Cate (1998), die al in 2003 met de 'ondiepe' geologische opbouw door Van den Bosch & Kleijer is geïntegreerd, is gebruikt als uitgangspunt voor de compilatie van de bodemkaarten. Eerst zijn hieraan de digitale bodemkaarten toegevoegd in volgorde van jaartal. Door de relatief jongere kaart het eerst toe te voegen, wordt bij overlap van twee of meer kaarten altijd voor de meest recente kaart gekozen. Daarna zijn de vijf analoge bodemkaarten gescand en van geo-referentie voorzien. De gedeelten van deze bodemkaarten binnen het Oost-Nederlands Plateau zijn gedigitaliseerd en in volgorde van jaartal geïntegreerd met het reeds samengevoegde deel. Indien bij de recente kaarten vlakken zijn aangegeven met bebouwing, is nagegaan of bij de oudere kaarten binnen de overlap wel bodemkundige informatie aanwezig is. Wanneer dit het geval was, is de bodemkundige informatie overgenomen uit de oudere kaarten. Figuur 3 geeft per gebied aan voor welke bron is gekozen. De definitieve digitale bodemkaart is hiermee bijna gebiedsdekkend voor het Oost-Nederlands Plateau. Voor de compilatie van de bodemkaart, schaal 1 : 10.000 is één overkoepelende legenda samengesteld. Deze legenda volgt de indeling van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000, maar is op een paar kenmerken uitgebreid (par.3.1).

## **2.3 Geologisch onderzoek**

### **2.3.1 Voorgeschiedenis en verantwoording**

Het geologisch onderzoek dat tot het hier gepresenteerde resultaat heeft geleid, is in 1960 begonnen met een groep geïnteresseerde jongeren uit het westen van Nederland, verenigd in de Nederlandse Jeugdbond voor Natuurstudie, NJN. De aantrekkingskracht van fossielen uit het Tertiair was een directe aanleiding, dit komt overigens in deze rapportage niet ter sprake. Er werd onder meer voortgeborduurd op de resultaten van de voormalige Dienst der Rijksopsporing van Delfstoffen in Nederland, kortweg "Rijksopsporing van Delfstoffen" genoemd, waarvan het eindverslag in 1918 verscheen. Deze Dienst heeft een archief van ruim 200 boringen die vanaf 1905 rond Winterswijk werden verricht, nagelaten aan de Geologische Stichting, later Rijks Geologische Dienst en thans ondergebracht bij TNO Bouw en Ondergrond te Utrecht. Een kopie van dit archief werd rond 1960 verkregen van het toenmalige Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening te Den Haag. Dit archief bevatte ook de boorgegevens van de in de jaren '20 van de vorige eeuw uitgevoerde aanvullende diepboringen en de zogenaamde "peilboringen" van een aanvullend onderzoek van de Rijksopsporing van Delfstoffen. Ook de zogenaamde "Craelius-boringen" van de Rijks Geologische Dienst waren reeds aan dit archief toegevoegd.

Al deze boringen waren wat betreft het Tertiair bedroevend slecht gedocumenteerd, de oudste relatief gezien nog het beste. De interesse ging vooral uit naar de mesozoïsche afzettingen in verband met economische belangen. Toch blijkt uit jaarverslagen dat de Rijksopsporing van Delfstoffen zich gerealiseerd heeft dat in het ondiepe Tertiair een breukenpatroon zichtbaar was dat zich manifesteerde als afspiegeling van de structuren in de diepere ondergrond.

Vanaf 1960 werd door de groep jongeren van de NJN met een handboor ondiepe boringen in het Tertiair verricht, en afgravingen en ontsluitingen bezocht. Langzaam maar zeker vormde zich een beeld. Uit het groepje, dat de NJN inmiddels was ontgroeid, kwam in 1963 de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie voort. Hierdoor kwam het onderzoek, ook internationaal gezien, in een stroomversnelling. Bovendien werd er steeds meer geboord met een eenvoudige boorinstallatie die tot enkele tientallen meters diepte kon komen. De kwaliteit hiervan liet echter nog te wensen over.

Vanaf het moment dat in 1969 het geologisch onderzoek rond Winterswijk een project werd van het voormalige Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie, kwam er geleidelijk meer onderzoeksbudget beschikbaar en werden om de kosten te beperken ook boringen voor particulieren verricht (fig. 4). Een en ander heeft geleid tot de publicatie van een lithostratigrafie van het Oligoceen en Mioceen-Plioceen in de Achterhoek en Twente (Bosch, van den, Cadée & Janssen, 1975). Ook werden correlaties voorgesteld met de landen om ons heen. De afzettingen kregen lokale benamingen, als Afzetting van Eibergen, Afzetting van Ratum, zoals we die nu nog steeds gebruiken en die onder meer ook zijn toegepast in de geologische kaart Almelo Oost/Denekamp (1993) van de Rijks Geologische Dienst en Enschede West, Enschede Oost/Glanerbrug van het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO (2000).



*Figuur 4 Pulsaboring voor particulier, zomer 1990*

Veel kennis van de geologische structuren rond Winterswijk werd vergaard in 1975 door het bemonsteren van geboorde seismische schotgaten gedurende een onderzoek van de Nederlandse Aardolie Maatschappij. Zo'n 450 boringen tot 15 meter diepte werden in grote haast en zonder werkbudget gedurende enkele maanden gedocumenteerd. Hoewel de monsterintervallen per 3 meter niet erg nauwkeurig



waren, was de stratigrafische herkenbaarheid groot. Deze boringen zijn nog steeds fundamenteel voor de uitwerking van de geologische profielen in de zuidelijke helft van het onderzoeksgebied.

In 1981 werd een eerste schetsmatige geologische kaart van Winterswijk gepubliceerd (Brand, van den, Bosch, van den & Hamhuis, 1981). Dat deze kaart momenteel niet meer actueel is, moge duidelijk zijn.

Tezelfdertijd, in 1980 en 1982 werd voor Steenfabriek De Vliet een reeks boringen verricht rond de kleigroeve aan de Driemarkweg. Deze boringen werden droog uitgevoerd en intensief bemonsterd. Duidelijk werd de sterke gelaagdheid in de Tertiaire afzettingen zichtbaar. Kort daarvoor was door de Universiteit van Leuven in Noordwest België hetzelfde gedaan, met gelijkwaardige resultaten (Vandenbergh, 1978). Verbeterde boortechnieken en steeds meer boringen maakten het mogelijk de tertiaire afzettingen uitvoerig te bestuderen. Als gevolg daarvan kon de "Afzetting" van Brinkheurne in twee karakteristieke delen worden gesplitst, onderaan de Afzetting van Kotten, bovenaan de Afzetting van Woold. Het Brinkheurne werd tot Formatie opgewaarderd (Bosch, van den, 1984). Dit heeft weer geleid tot samenwerking met het Geologisch Landesamt Nordrhein-Westfalen, waardoor er meer gedetailleerde correlatie van de afzettingen met Duitsland en België tot stand kwam (Bosch, van den & Hager, 1984).

In die periode werden voor het voormalige waterschap van de Oude IJssel in Kotten en het Woold ruim 250 boringen tot de top Tertiair verricht in verband met onderzoek naar de verbetering van watergangen. Dit zogenaamde "keileemonderzoek" leverde veel kennis op van de grilligheid van die afzetting, in geen boring was de samenstelling gelijk. Voor het eerst werd ook vastgesteld dat onder keileem nogal eens een pakket grof zand aanwezig was, een niveau dat in diepe sloten soms werd aangesneden. Uitvoerig kon worden geëxperimenteerd met het interpreteren van het aangetroffen Tertiair op afzettingsniveau (Bosch, van den, 1983).

In 1987 verscheen het nog niet ingevulde Nederlandse deel op de uitgave van de "Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000, Blatt C 4306 Recklinghausen", uitgegeven door het Geologisch Landesamt Nordrhein-Westfalen te Krefeld. Ook deze kaart, een beeld van de ondergrond op ca. 2 meter diepte, is niet meer actueel, de grote bulk aan gegevens moest immers nog komen.

Na een korte aanloop werd in 1990 het "Achterhoek-project" gestart. Dat was een samenwerkingsproject van het Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie te Leiden en de Rijks Geologische Dienst, met het doel het Winterswijkse in kaart te brengen. In de periode tot 1995 werden door de RGD een reeks diepere boringen uitgevoerd waarin voor het eerst lange profielen zeer nauwkeurig speciaal voor dit project bemonsterd en gedocumenteerd werden tot een zuiverheid van 5 á 10 cm. Duidelijk werd dat het gehele Tertiair bestaat uit weliswaar overwegend stugge klei, maar wel met daarin karakteristieke gelaagdheden die over grote afstanden corresponderen.

Als gevolg van een verkeerde discussie over doel, nut en werkwijze rond het onderzoek en onenigheid over de financiële verdeelsleutel ervan werd, met de privatisering golf in zicht, de voortzetting van het Achterhoek-project in 1995 afgeblazen. Toegepaste en kennisverruimende wetenschap waren niet goed verenigbaar. Het is te danken aan de Bezwarencommissie Rijksmusea dat de mogelijkheid werd geschapen het onderzoek op persoonlijke titel voort te zetten, op de achtergrond aanvankelijk nog ondersteund door het Ministerie van O, C & W. Eén

en ander heeft geleid tot een nieuwe versie van een geologische kaart met breukenpatroon (Bosch, van den, 1994) die al veel lijkt op het thans gepresenteerde resultaat. Ook aan de stratigrafie werd in internationaal opzicht veel werk verricht. Voortschrijdend inzicht heeft tot meer gedetailleerde resultaten geleid (Vandenbergh, Hager, Bosch, van den. et al., 1999).

Na het beëindigen van het Achterhoek-project kwam samenwerking op gang met Staring Centrum DLO (thans Alterra) in verband met de kartering van Winterswijk-Oost. Door inmiddels sterk gegroeide ervaring met de lithologische karakteristieken van het Tertiair bleek het mogelijk van alle bodemkundige boringen tot 1,80 m diepte het aangetroffen Tertiair of Mesozoïcum lithostratigrafisch te interpreteren. Daardoor konden grote kaartoppervlakken worden ingevuld. Als aanvullend onderzoek hierop werden 250 goedkope, gespoelde boringen tot maximaal ca. 10 meter diepte uitgevoerd om de, inmiddels in beeld komende oude en in het landschap niet zichtbare, beekdalen verder te verkennen en vast te leggen. Dit alles heeft geleid tot een publicatie met talrijke nieuwe inzichten (Bosch, van den & Kleijer, 2003).

Door het wegvallen van de onderzoeksbudgetten werd het noodzakelijk mee te lopen in een commercieel circuit van diepere boringen voor particulieren. Zo werd aanvankelijk samengewerkt met Gondboorbedrijf H. van Tongeren uit Apeldoorn en sinds 1998 met H. van Elburg Bronboring uit Veeningen (zie bovenste foto van het titelblad). Via deze weg werden ruim 125 diepe boringen gedetailleerd bemonsterd en gedocumenteerd. Deze werkwijze wordt nog steeds voortgezet.

De naam Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk is overgebleven van de dependance van het Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie gedurende de samenwerking binnen het Achterhoek-project en was gevestigd aan de Laan van Hilbelink te Winterswijk. Sinds 2002 vindt het gastvrij onderdak in de gebouwen van de Winterswijksche Steen- en Kalkgroeve, Ankerpoort Winterswijk, waar het onderzoek voortgang kan vinden en de archieven zijn opgeslagen.

### **2.3.2 Stratigrafie van het Kwartair**

De kwartaire afzettingen rond Winterswijk zijn nooit systematisch en als één samenhangend geheel onderzocht. Het is dus niet mogelijk in de dwarsprofielen een stratigrafische classificatie aan te brengen. Door Van den Bosch & Kleijer (2003, zie aldaar) wordt een beschrijving gegeven van de Kwartaire afzettingen in het gebied, die voornamelijk bestaan uit jong-pleistocene zanden, veen- en kleilagen, hoofdzakelijk afgezet in de diepe smeltwatergeulen die het gebied doorsnijden (Formatie van Kreftenheye). In die smeltwatergeulen komen meest dieper dan het NAP-niveau ook glaciële afzettingen voor (Formatie van Drente, Saalien), waartoe een fijnkorrelig pakket met kleilagen en een magere bekkenklei behoren. Daaronder bevindt zich nog een pakket grof zand met noordelijke zwerfstenen, tevens een glaciële afzetting, op een diepte tussen 70 en 100 m - NAP (Meene, van de, 1995, zie aldaar).

Op het plateau komen glaciële afzettingen (Formatie van Drente) voor in de vorm van keileem, met daarboven soms enig postglaciëel smeltwaterzand en eronder plaatselijk

preglaciale smeltwaterzanden of restanten van het oudere grindrijke grove zand van de Formatie van Sterksel, een Rijnafzetting.

De glaciale afzettingen op het plateau, zoals keileem en de fluviatiele afzettingen met veen- en kleilagen in de smeltwatergeulen en de oude beekdalen worden veelal afgedekt door fijnkorrelig dekzand (Formatie van Twente), vaak afgezet in de vorm van lage duinen. Doordat deze wat hoger gelegen duinen later veelal werden benut voor akkerbouw, werd door eeuwenlange bemesting een esdek gevormd (Staring, 1860; kaart 1 en 6).

Tussen deze duinen werden holocene afzettingen gevormd (kaart 6). Bij meer gedetailleerde bestudering van de kwartaire afzettingen zal het nodig zijn de vele pleistocene formaties in afzettingen (Members) en lagen (Beds) op te delen. De bekkenkleiën, verschillende veen- en kleilagen en grove beddingen daartussen verdienen zeker plaatselijke benamingen.

In de profielen (kaart 5) wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende kwartaire zanden, alles is in geel weergegeven. Een onderverdeling in korrelgrootte is op de gebruikte schaal niet mogelijk. Wel zijn globaal de zone's met veen- en kleilagen aangegeven, een bekkenklei die wellicht Eemiën is, de fijnkorrelige bekkenafzettingen of bekkenklei van het Saalien en keileem. Voor een geo-hydrologisch model zijn dit toch de meest noodzakelijk ingrediënten.

Keileem (grondmoraine) komt rond Winterswijk alleen op het plateau voor en bestaat uit een doorknede massa van verplaatst Tertiair en Mesozoïcum, opgenomen en doorknede met preglaciale smeltwaterzanden en restanten van de Formatie van Sterksel. Dit heeft tot een grillige massa geleid, met veel zand- en grindnesten. Vooral in Kotten en het Woold komt vaak halverwege het keileemprofiel een zone roestige zandnesten voor, daarboven is de keileem meest roestig en kalkvrij, daaronder meest donkergrijs en kalkrijk (Bosch, van den, 1983). Maar ook de keileem zelf heeft veelal een zekere mate van doorlatendheid, de wijze van ontstaan heeft er toe geleid dat keileem meestal poreus is (Bosch, van den & Kleijer, 2003). Poriëngehalten van 20 tot 25% zijn wellicht realistisch, maar er is weinig onderzoek naar gedaan.

### **2.3.3 Stratigrafie van het Tertiair**

De gebruikte lithostratigrafische indeling is al enige tientallen jaren in gebruik (Bosch, van den, Cadée & Janssen, 1975). Een aanvulling daarop verscheen iets later (Bosch, van den, 1984). Alle stratotypen, behalve die van de Afzetting van Delden, bevinden zich binnen het onderzoeksgebied rond Winterswijk en zijn gedefinieerd op afzettings- of laagniveau. Alleen de Afzetting van Zenderen komt bij Winterswijk niet voor, deze is door opheffing en erosie van het gebied verdwenen. Zie de legenda op kaart 5, blad 4. De eerder gebruikte eenheid "Afzetting van Brinkheurne", later tot "Formatie ..." opgewaardeerd, is weggelaten. Daarvoor in de plaats zijn de in 1984 ingevoerde Afzetting van Kotten en Afzetting van Woold gebruikt, zie de lithologische kolom op kaart 4.

In tegenstelling tot de zeer kleinschalige indeling binnen het Kwartair, wordt het Tertiair door het NITG-TNO, later TNO Bouw en Ondergrond samengevat in slechts

één Groep, de Noordzee Groep. Eventueel nog onderverdeeld in een Onder-, Midden-, of Boven Noordzee Groep. Daarbinnen zijn zeer grote, ruim genomen eenheden onderscheiden op Formatie-niveau. In België is een kleinschaliger indeling van "Groepen" in gebruik (VandenBerghe et al., 1999). Voor de Oost Achterhoek is achtereenvolgens van toepassing Formatie van Dongen (voor het gehele Eoceen), Formatie van Rupel (voor het gehele Midden-Oligoceen), Formatie van Breda (voor het gehele Mioceen) en Formatie van Scheemda (voor de niet duidelijk mariene Pliocene afzettingen). De opvatting ontstaat dat de classificatie "Formatie" een onderbroken reeks afzettingen zou moeten zijn, beginnende op een discordantievlak en ook zo eindigende. Discordanties zijn perioden van belangrijke onderbrekingen in de afzettingenreeks, waarbij door bijvoorbeeld tektonische processen de eerder lopende reeks wordt onderbroken en een nieuwe reeks ontstaat. Vaak begint een nieuwe reeks met een basisgrind van verspoelde componenten uit de geërodeerde onderliggende afzettingen. Deze opvatting doet meer recht aan de natuurlijke ontwikkeling en laat meer ruimte voor het benoemen van kleinschalige lithostratigrafische eenheden, zoals Afzettingen (Members) en Lagen (Beds). Kleinschalige lithostratigrafische eenheden zijn noodzakelijk voor het herkennen van tektonische bewegingen.

Om in de rapportage de wetenschappelijke discussie omtrent de rangorde van de lithostratigrafische classificatie te ontlopen, zijn in de kaart en profielen alleen de eenheden gebruikt op Afzettingen- of Laagniveau, dat zijn namelijk in de praktijk de karteereenheden.

In het noordelijk deel van het onderzoeksgebied is de Formatie van Dongen veelvuldig aangetroffen. Deze afzettingen zijn als gevolg van onvoldoende kennis niet verder onderverdeeld. Meestal betreft het een equivalent van de Belgische Klei van Ieper, maar soms ook betreft het een equivalent van de Belgische Klei van Asse, een sterk siltige, wat groenachtig gekleurde klei rijk aan zeer fijn glauconiet. Het tussenliggende "Brussel", in Twente meest zanden en mergels, lijkt te ontbreken. In het overige Winterswijkse gebied zijn de afzettingen van de Formatie van Dongen door opheffing en erosie verdwenen.

Tabel 1

x 10 <sup>6</sup> jr	CHRONOSTRATIGRAFIE			LITHOSTRATIGRAFIE			Karteereenheden			
	KWARTAIR	TERTIAIR	MESOZOÏCUM	BOVEN NOORDZEE GROEP	MIDDEN NOORDZEE GROEP	ONDER NOORDZEE GROEP		GERMAANSE TRIAS GROEP		
0,01	Kwartaair	Kwartaair	Holoceen	BOVEN NOORDZEE GROEP	F.v. SINGRAVEN GRIENDSVEEN	veen	kleiachtige en zandige beekafzettingen			
0,12			Pleistocene jong		WEICHELIE	FORMATIE VAN KREFTENHEYE	Formatie van Twente	dekzand		
					EEMIEN		rivier- en beekafzettingen, klei- en veenlagen			
0,78			Pleistocene midden		SAALIEN		F.v. DRENTE	keileem, smeltwaterzanden, bekkenopvulling		
2,5			Pleistocene oud		CROMERIEN BAVELIEN		FORMATIE VAN STERKSEL		Rijnterrasafzettingen	
23			Tertiair		Neogeen	Pliocene		FORMATIE VAN SCHEEMDA		Afzetting van Lievelede
						Mioceen				Afzetting van Delden
					Paleogeen	Oligoceen	MIDDEN NOORDZEE GROEP		FORMATIE VAN BREDA	
							Afz. van Aalten	Laag van Stemerink	Laag van Miste	
	Eoceen	ONDER NOORDZEE GROEP		DONGEN FORMATIE					Afzetting van Winterswijk	
				LANDEN FORMATIE					Afzetting van Woold	Afzetting van Kotten
	Paleoceen	ONDER NOORDZEE GROEP						ASSE KLEI		
										IEPER KLEI
	143	Krijt		Laat Krijt		Cenomanien	KRIJTKALK GROEP			
									TEXEL FORMATIE	
Vroeg Krijt			Albien	RIJNLAND GROEP		HOLLAND FORMATIE				
			Aptien							
			Hauterivien							
			Valanginien							
Malm			Portlandien	NEDERSAKSEN GROEP						
208	Jura	Dogger	Callovien	ALTENA GROEP		"Klomps laagpakket"				
			Bathonien			BRABANT FORMATIE				
			Bajocien							
		Lias	Aalenien			WERKENDAM FORMATIE				
			Toarchien					Posidonia schalie		
			Pliensbachien							
245	Trias	Keuper	Rhaetien	GERMAANSE TRIAS GROEP		SLEEN F.				
		Muschelkalk	Anisien				MUSCHELKALK F.			
								ROT FORM.		

STRATIGRAFIE VAN DE MESOZOÏSCHE EN KENOZOÏSCHE AFZETTINGEN ROND WINTERSWIJK

Gebruikte bronnen: Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO (1998, 2000); Geologisch Landesamt Nordrhein-Westfalen (1987); Bosch, van den, Cadée & Janssen (1975); Bosch, van den (1984); Herngreen, van den Bosch & Lissenberg (2000).

De lithostratigrafie van het jongere Tertiair, zoals gepubliceerd in 1975 en 1984, is inmiddels weer toe aan een revisie. Er zijn een 150-tal zeer goed bemonsterde boringen rond Winterswijk en in Twente beschikbaar gekomen, waarvan het resultaat noopt tot beter omschreven definities en een indeling in drie Formaties binnen het "Rupel", begrensd door discordantievlakken. De Formatie van Brinkheurne zal dan ook de Afzetting van Ratum gaan omvatten en zal zo een ononderbroken reeks gaan vormen. Er onder wordt een Formatie toegevoegd en de bovenliggende dikke Afzetting van Winterswijk noopt tot een opwaardering tot Formatie. Dit alles is in te delen binnen de reeds in België gebruikte "Rupel Groep" (Vandenbergh et al., 1999).

Wat betreft het "Breda" zijn minder gegevens beschikbaar, meest buiten het Winterswijkse. Bovendien zijn die momenteel nog niet gedetailleerd uitgewerkt. Opsplitsing in twee of drie Formaties lijkt er ook hier aan te komen. De definitie van de grens Laag van Stemerding en Laag van Miste moet worden aangepast.

### **2.3.4 Stratigrafie van het Mesozoïcum, stratigrafische tabel**

De stratigrafische indeling van het Mesozoïcum (tabel 1) is wat betreft de lithostratigrafische classificatie gecompliceerd. Er bestaat wel een redelijk kleinschalige chronostratigrafie die goed biostratigrafisch onderbouwd is. Deze is echter slecht bruikbaar om toe te passen als een reeks karteereenheden, omdat deze laatste juist lithologisch worden afgebakend. In deze rapportage is de indeling gebruikt zoals gepubliceerd door Hengreen, et al., (2000). Omdat deze indeling niet ouder gaat dan Rhätien, is er voor deze gelegenheid Muschelkalk en Bontzandsteen aan toegevoegd.

De indeling is, ten opzichte van de kennis die thans van het Tertiair voorhanden is, zeer globaal. Alleen van het traject Aptien-Albien-Cenomanien zou een fijnschalige lithologische standaardkolom samen te stellen zijn, die daaraan gelijkwaardig is: er zijn voldoende boringen. Voor het Valanginien-Hauterivien is dat al veel moeilijker en voor het Bajocien, Bathonien en Callovien is een kleinschalige lithologische indeling vrijwel onmogelijk, omdat er te weinig boringen zijn. De gebruikte lithologie is dan ook zeer grootschalig en eigenlijk voor het doel van deze kaart ontoereikend.

De in deze kaart en profielen gebruikte lithologie loopt in het Krijt niet parallel met de formatie-indeling. Van het "Klompers laagpakket" bestaat wel een stratotype in een boring, maar geen boorbeschrijving: het is een biostratigrafische definitie.

Veel stratigrafie van het Mesozoïcum is biostratigrafie. Enige honderden boringmonsters zijn door de voormalige Rijks Geologische Dienst, later het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO biostratigrafisch onderzocht door G.F.W.Hengreen, L.Witte en Th.Lissenberg. Later is dit door G.F.W.Hengreen voortgezet. Het overgrote deel van het materiaal dat beschikbaar is, is echter nooit biostratigrafisch onderzocht. Het betreft dan visuele lithologische interpretaties, die als voorlopig moeten worden beschouwd.

Onlangs is een voorstel gedaan de Muschelkalk te plaatsen in een nieuw gedefinieerde eenheid, de Vossenveld Formatie (Oosterink, 2009). Deze ontwikkeling kon niet meer in deze rapportage worden verwerkt.

### 2.3.5 Lithologische classificatie

De basis van het hier gepresenteerde onderzoek bestaat uit boringen, waarvan de beschrijvingen in een archief zijn opgeslagen. De wijze van beschrijven is bepalend voor het eindresultaat. Dat eindresultaat kan zijn een beter inzicht in bijvoorbeeld de doorlatendheid van een sediment, of een lithostratigrafische classificatie voor bijvoorbeeld het interpreteren van tektonische structuren, maar liefst beide.

In de wijze van bemonsteren, het beschrijven ervan en het grafisch weergeven van de lithologische boorkolom, is in de loop der tijd een grote ontwikkeling geweest. Dat wil zeggen dat beschrijvingen van enkele tientallen jaren geleden moeilijk vergelijkbaar zijn met die van tegenwoordig. Voor het lezen van boorbeschrijvingen van bijvoorbeeld de Rijksopsporing van Delfstoffen is een hoge mate van inlevingsvermogen nodig in de nog niet genormeerde denkwereld van toen.

De oorspronkelijke beschrijving van de tertiaire lithostratigrafie in Oost Nederland (Bosch, van den, Cadée & Janssen, 1975) ging nog uit van Normaalblad V 696 (1951). Deze voorlopige versie is thans doorontwikkeld tot Normaalblad NEN 5104. Deze norm wordt de laatste jaren als uitgangspunt genomen, de omschrijvingen van korrelgrootte van een sediment zijn echter niet veel veranderd, alleen de bovengrens van de toegevoegde siltfractie is bepaald op 63 µm.

Het NITG-TNO hanteert een eigen doorontwikkeling van NEN 5104, samengevat in de Standaard Boorbeschrijvingsmethode SBB 5 (2000). Er continueert zich hiermee een oud probleem, namelijk dat de meest gangbare beschrijvingsmethoden voornamelijk toepasbaar zijn in kwartaire, contrastrijke afzettingsreeksen. De tertiaire sedimenten bevinden zich meest in het diffuse bereik van vette of (altijd stugge) siltige klei. Wil men daarin de zo noodzakelijke fijne gelaagdheden ontdekken, de sleutel tot de lithostratigrafische correlatie, dan zal men ieder monster, genomen per 25 of 50 cm, moeten beoordelen. Het is onmogelijk de bulk van duizenden monsters in een laboratorium te analyseren. Het Geologisch Veldlaboratorium hanteert daarom de methode dat van ieder nog nat monster op dik papier met een mesje een dun uitstrijkje wordt gemaakt en onder de microscoop beoordeeld. Op deze wijze kunnen 40 monsters per dagdeel worden verwerkt, dat is afhankelijk van de monsterfrequentie: 10 of 20 meter boorprofiel. Een monsterinterval van 1 meter, dat landelijk nu standaard is, geeft in Tertiair geen bruikbaar resultaat.

Tevens gebruikt het Geologisch Veldlaboratorium de aanduiding "keileem" in de boorbeschrijvingen. Een beschrijving volgens NEN 5104 kan verwarring geven tussen keileem of tertiaire klei (in bodemkaarten ouder dan ca. 1990 tezamen "oude klei"). Het is beter dit moeilijk te omschrijven, maar wel door de boormeester opgemerkte onderscheid, zo vroeg mogelijk aan de lithologische beschrijving toe te voegen, hoewel het strikt genomen een interpretatie is.

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de lithologische classificatie zoals die bij het Geologisch Veldlaboratorium wordt verkregen. Indien niet hierop aangegeven is de beschrijvingswijze ontleend aan NEN 5104.

(uitgangspunt: gedeeltelijk NEN 5104) zie de toelichting

	omschrijving:	% < 0,002 mm:	% 0,063 mm (geschat)	
KLEI (lutum) tot 0,002 mm	vet		0	
	zwak siltig	90	2	
	weinig siltig		5	
	matig siltig		10	
	vrij sterk siltig		15	
	sterk siltig		20	
	zeer sterk siltig	50	30	
SILT (uiterst fijn kwartsgruis) 0,002 tot 0,063 mm	sterk kleiachtig		40	
	matig kleiachtig		50	
	weinig kleiachtig		60	
	zwak kleiachtig		70	
	silt		80	
	silt tot zeer fijn zand		90	
ZAND 0,063 - 2,000 mm	zeer fijn 0,063 - 0,083 mm		100	
	fijn 0,083 - 0,125 mm			
	matig fijn 0,125 - 0,200 mm			
	matig grof 0,200 - 0,333 mm			
	grof zeer grof 0,333 - 2,000 mm			
GRIND boven 2,000 mm	grind			

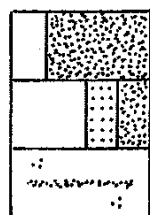
Bedoeld is een matrix van lutum met een verstrooiing van zeer fijn kwartsgruis, de siltfractie.

In de praktijk bestaat de "siltfractie" uit zeer fijn kwartsgruis in het bereik van ca. 0,040 tot ca. 0,100 mm.

De feitelijke grens lutum/silt is visueel niet waar te nemen. De feitelijke afslibbaarheid is dus slecht in te schatten.

De consistentie van de in het Tertiair altijd stevige of harde sedimenten mag in de korrelgroottebeoordeling geen rol spelen.

voorbeelden:



zand, zeer fijn, matig kleiachtig

klei, zeer sterk siltig tot zeer fijn zandig

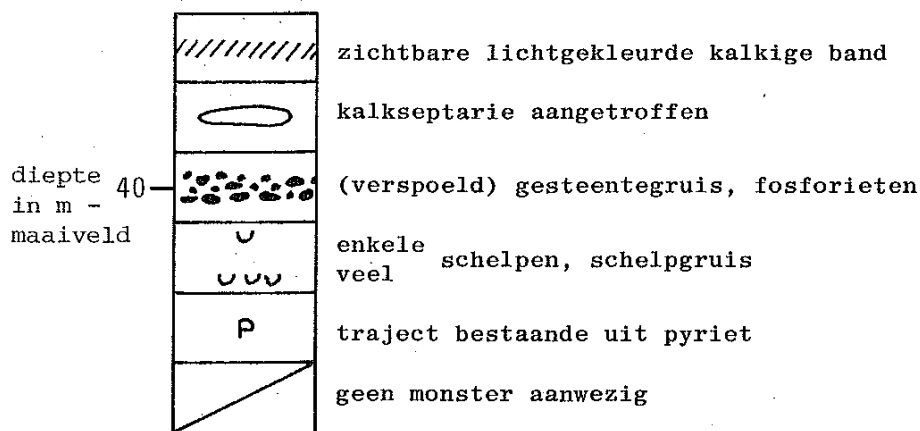
dun laagje silt of zeer fijn zand, b.v. in klei

Alle monsters worden visueel beoordeeld met behulp van een microscoop.

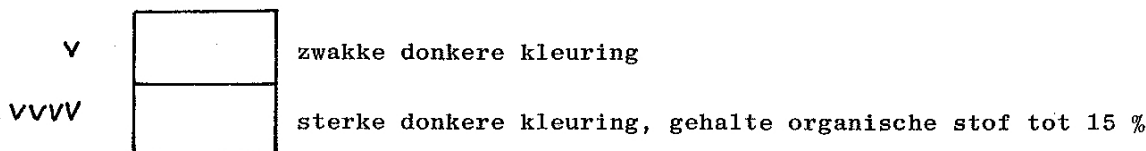
Hiertoe worden van verse monsters op papier uitstrijkjes gemaakt.



zie te toelichting

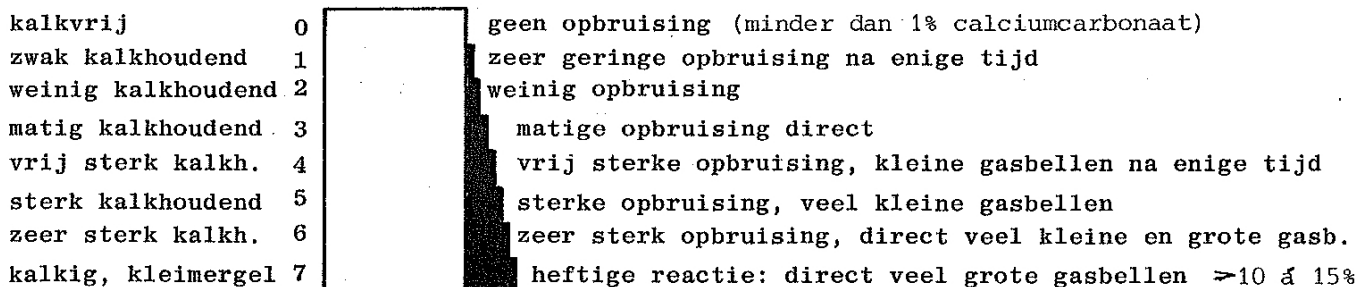


DONKERE BANDEN:



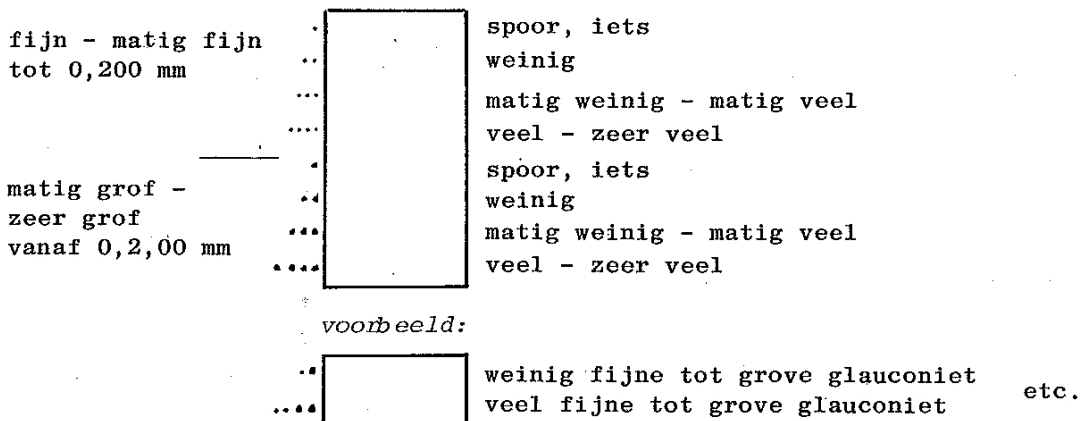
Reactie bij 10% zoutzuur op vers gesneden oppervlakte en natuurlijke vochtigheid, exclusief fossielinhoud en bij kamertemperatuur:

KALKLOG:



De waarneming van het "kalkgehalte" in de verschillende boringen vertoont een grote mate van overeenkomst. Laboratoriumresultaten zijn echter niet eenduidig.

GLAUCONIET:



De grafische weergave van de boorkolom is anders dan bij NITG-TNO gebruikelijk. Om de vele dunne laagjes in het Tertiair te kunnen weergeven, is de tekenwijze van het NITG-TNO niet toereikend. Gezocht is naar een methode die de diffuse afwisselingen duidelijk visualiseert. Ook is aansluiting gezocht bij de tekenwijze zoals gebruikt in België en Duitsland (Vandenberge, Hager, Bosch, van den, et al., 1999). Wel is geprobeerd het geschatte percentage van de siltfractie in beeld te krijgen, ongeveer op de wijze die bij de Rijkswaterstaat-Deltadienst rond 1960-70 werd gedaan.

### 3 Resultaten

Dit project heeft geresulteerd in de volgende kaarten van de gemeente Winterswijk met westelijke randzone (Oost-Nederlands Plateau):

- Bodemkaart, opnameschaal 1 : 10.000, presentatieschaal 1 : 25.000 (kaart 1, blad 1 en 2);
- Boorpunten met aangetroffen Tertiair of Mesozoïcum, schaal 1 : 25.000 (kaart 2);
- Reliëf bovenkant Tertiair-Mesozoïcum, schaal 1 : 25.000 (kaart 3);
- Eerst aangetroffen afzetting onder het Kwartair en tektoniek, schaal 1 : 25.000 (kaart 4);
- Profielen (kaart 5, blad 1 t/m 4);
- Geologisch-bodemgeografische oppervlaktekaart, schaal 1 : 25.000 (kaart 6).

De kaarten zijn afgeleid van een werkkaart met een schaal van 1 : 10.000 en ca. 3.200 geologische boringen. De kaarten zijn als gedrukte bijlagen bij dit rapport opgenomen, maar zijn ook aan de opdrachtgever afgeleverd als digitale bestanden (ArcView/ArcInfo).

#### 3.1 Bodemkaart, opnameschaal 1 : 10.000, presentatieschaal 1 : 25.000, kaart 1

De bodemkaart, presentatieschaal 1 : 25.000 (kaart 1), omvat bijna gebiedsdekkend het Oost-Nederlands Plateau. Het is tot stand gekomen als compilatie van negen bodemkaarten, schaal 1 : 10.000, opgenomen in de jaren 1968-2001. Bij de samenstelling van de overkoepelende legenda is gekozen voor de indeling van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000 (Steur & Heijink 1987). Op enkele kenmerken is de overkoepelende legenda hierop uitgebreid:

- bij de gooreerdgronden, de beekeerdgronden en de leek-/woudeerdgronden zijn dunne (15-30 cm) en matig dikke (30-50 cm) eedrlagen onderscheiden;
- bij de rivierkleigronden zijn de profielverlopen 2 (zand binnen 80 cm – mv.) en 5 (homogeen) apart onderscheiden;
- bij de overige onderscheidingen zijn vier extra legenda-eenheden: Camping, Sportveld, Enclave en Geen toestemming.

Bij de overige onderscheidingen is verschil aangebracht tussen bebouwing en enclave. De legenda-eenheid bebouwing omvat delen van de bodemkaart die wel binnen de gebiedsgrens van de bodemkaart vallen, maar vanwege die bebouwing niet gemakkelijk bodemkundig onderzocht konden worden. De legenda-eenheid enclave omvat delen van de gecompileerde bodemkaart die niet tot één van de negen basis bodemkaarten behoren.

De legenda bevat hiermee 93 legenda-eenheden, waarvan:

- 17 veengronden;
- 9 moerige gronden;
- 12 rivierkleigronden;

- 11 podzolgronden;
- 21 eerdgronden;
- 9 vaaggronden;
- 2 oude-kleigronden;
- 2 samengestelde eenheden;
- 10 overige onderscheidingen.

Verder zijn nog 14 toevoegingen, waarvan 4 vergravingen, onderscheiden.

### **3.2 Boorpunten met aangetroffen Tertiair of Mesozoïcum, betrouwbaarheid, kaart 2**

Deze kaart geeft een overzicht van de beschikbare basisgegevens. Van ieder punt zijn coördinaten en NAP-hoogte bekend. Boringen die dit vlak niet bereikt hebben, dat zijn er nog honderden, zijn voor de overzichtelijkheid niet aangegeven, maar wel in de uitwerkingen meegenomen. Wel zijn dergelijke boorpunten aangegeven voor zover zij beneden NAP nog geen Tertiair of Mesozoïcum hebben aangetroffen. Met behulp van al deze gegevens werden de contourlijnen basis Kwartair / top Tertiair-Mesozoïcum geïnterpreteerd (kaart 3).

Deze kaart geeft tevens de betrouwbaarheid aan van de uitwerkingen in kaart 3 en 4. Zowel de kennis van het reliëf van de top Tertiair-Mesozoïcum als de lithostratigrafie en het breukenpatroon nemen sterk af naar gelang er minder boringen per vierkante kilometer beschikbaar zijn. We zien met name een hoge betrouwbaarheid in de gebieden die tot 1,80 m diepte gekarteerd zijn en waar Tertiair-Mesozoïcum bereikt werd dat lithostratigrafisch geïnterpreteerd kon worden.

Een goede betrouwbaarheid ontstaat bij een waarnemingsdichtheid van 1 boring per 2,5 ha, dat zijn er 40 per km<sup>2</sup>. Bij de geologische kartering van Nederland werd volstaan met 9 boringen per km<sup>2</sup>. Bovendien wordt in Winterswijk niet tot 4 m diepte gekarteerd, maar tot een laagvlak (Tertiair-Mesozoïcum), ongeacht de diepte, dat kan dus meer of minder zijn.

Goede resultaten werden ook bereikt met de aanpak van dalsystemen van oude beeklopen. Deze situaties werden in beeld gebracht door haaks op de structuur en bijvoorbeeld langs wegen, iedere 100 meter een diepere boring te plaatsen en dit op regelmatige afstanden, bijvoorbeeld 750 of 1000 meter, te herhalen (Bosch, van den & Kleijer, 2003).

### **3.3 Reliëf bovenkant Tertiair-Mesozoïcum, kaart 3**

Het resultaat van de inventarisatie in kaart 2 is hier verder in beeld gebracht. Dominant zijn de smeltwatergeulen, één vanuit het noorden, via het Zwillbrocker Venn en één vanaf Vreden, via Huppel, die zich verenigen ten oosten van het Korenburger Veen. Of de stratigrafische ouderdom van deze twee smeltwatergeulen precies gelijk is, is niet zeker. Het gebrekkige onderzoek aan de kwartaire afzettingen laat ons hier in de steek. Wellicht is de geul vanuit Vreden van een iets jonger systeem afkomstig. De smeltwatergeulen zijn primair ontstaan onder de ijskap van het Saalien,

als afvoergeulen van smeltwater afkomstig van de basis van de gletsjer, dat onder hoge druk een uitweg zocht. Zo kon de diepte tot ruim onder de toenmalige zeespiegel uitschuren (Meene, van de, 1995). Misschien hebben deze smeltwaterafvoeren al reeds bestaand reliëf gevolgd, mogelijk via de gebieden in de ondergrond die gemakkelijk uitspoelen, zoals de Laag van Miste. Maar ook zwakke plaatsen als gevolg van breuken in de ondergrond kunnen een rol gespeeld hebben. Het is ongetwijfeld een samenspel van verschillende van deze factoren. Hier en daar zijn diepe kolk-gaten ontstaan, tot meer dan 100 meter beneden NAP. Ten zuidoosten van het Korenburgerveen lijkt juist een hoge drempel in de smeltwatergeul aanwezig, maar wellicht moeten de weinige boringen ter plaatse anders geïnterpreteerd worden. Naar het zuidwesten, richting Bredevoort en Aalten wordt de smeltwatergeul breder en mogelijk nog dieper. Van de maximale diepte is niets bekend.

De oude beeklopen, waarvan de diep ingesneden beddingen in de ondergrond aanwezig zijn, worden goed zichtbaar. Zij bevinden zich alleen in het gebied ten zuidoosten van de smeltwatergeulen en monden daarin uit op diepten rond 10 meter boven NAP.

Het dalsysteem van de Beurzer Beek doorsnijdt de smeltwatergeul onder een hoek en neemt een deel van het plateau van Meddo mee. De contouren van dit dalsysteem, dat zich voortzet richting Groenlo, zijn als gevolg van te weinig waarneming slecht in beeld te krijgen. Over de oorzaak van dit fenomeen is niets met zekerheid bekend. Een tektonisch proces, bijvoorbeeld compensatiebewegingen als gevolg van het wegsmelten van de zware ijskap, zou een mogelijkheid zijn. Maar wellicht speelt ook mee dat de smeltwatergeul ten oosten van het Korenburgerveen is dichtgestoven met dekzand, zie paragraaf 3.3.5, waardoor de oorspronkelijke afvoerrichting werd afgesloten.

Op kaart 3 zijn de huidige beeklopen in blauwe lijnen geplaatst. De Aaltense en Boven Slinge, alsmede de Kottense Beek en de Stortelersbeek blijken min of meer hun oorspronkelijke jong pleistocene stroomdal te volgen. Met name de ligging van de beken ten noorden van de grote overschuivingsbreukzone Oeding-Winterswijk staat niet in verband met de voor de hand liggende voorwaarden in de ondergrond. Ze doorsnijden de pleistocene beddingen haaks of stromen geheel over het hogere plateau. Een aantal beken is door mensenhanden gevormd, het gaat dan met name om de Vennevertlose Beek, de Ratumse Beek en de Willinkbeek. Maar ook in het zuidelijk deel van het gebied is de bovenloop van de Wooldse Beek en de Dambeek kennelijk door mensenhanden gegraven. Dit zou ergens vanaf de (late?) middeleeuwen gebeurd kunnen zijn -sommige van deze beken doorsnijden hoge esgronden- om het gebied te ontwateren (Westeringh, van de, 1989, Bosch, van den & Kleijer, 2003).

### **3.3.1 Eerst aangetroffen afzetting onder het Kwartair en tektoniek, kaart 4**

Sinds de voor intern gebruik vervaardigde geologische schetskaart van Winterswijk uit 1994, zijn er 250 boringen bijgekomen die zijn geplaatst voor het uitkarteren van de oude beekdalen en ook nog ruim 100 waardevolle diepe boringen voor particulieren. Rond 1995 en 1999-2000 zijn daar nog honderden boringen tot 1,80 m diepte aan toegevoegd, afkomstig uit de kartering Winterswijk-Oost, Winterswijk-

Plateau en Winterswijk West, waarin Tertiair werd aangetroffen. Deze overvloed aan nieuw materiaal maakte het wenselijk alles geheel opnieuw te interpreteren, waaruit kaart 4 is voortgekomen. Daartoe werden 32 diepe dwarsprofielen getekend, zoveel mogelijk gespreid over de verschillende landschapselementen. Kaart 4 en kaart 5 (4 bladen) vormen samen een driedimensionaal overzicht van het Tertiair en de top van het Mesozoïcum, lithostratigrafisch opgesplitst en alles ten opzichte van NAP. Het resultaat is tweeledig: er vormt zich een beeld van welke afzetting onder het Kwartair doorlatend of ondoorlatend is en er ontstaat een beeld van de ondiepe tektonische structuren.

### **3.3.2 Doorlatendheid van het Tertiair en Mesozoïcum, kaart 4**

De doorlatendheid is in de legenda van kaart 4 aangegeven. In het Tertiair betreffen de doorlatende afzettingen meest fijne zanden, met grote berging, maar geringe stroomsnelheden. De ondoorlatende kleiafzettingen zijn meest siltig gelaagd, maar het lutumgehalte blijft altijd zo hoog, dat eventuele porositeit van het silt met lutum is opgevuld, zodat een ondoorlatende massa ontstaat. Van het Tertiair is de lithologie zeer goed bekend. Karakteristiek zijn de afzettingen met lagen waarin veel organisch (bitumineus) materiaal voorkomt (Afzetting van Eibergen, Afzetting van Woold) en de vaste kalkige banden met verspreide harde kalkseptariën (Afzetting van Winterswijk, Afzetting van Woold, Afzetting van Kotten). De lithologische opbouw van het Tertiair is in de kolom rechts op kaart 4 gedetailleerd weergegeven op een schaal van ca. 1 : 200. De legenda hierbij is in de tekst gevoegd bij paragraaf 2.4.4.

Een beeld van de doorlatendheid van de mesozoïsche afzettingen is gecompliceerder. Het zijn afzettingen van vele honderden meters dikte, die sterk gelaagd zijn, maar gedetailleerde lithologische informatie, zoals van het Tertiair, ontbreekt. Bovendien liggen de afzettingen zelden horizontaal: hellingen van 10 tot 20 graden zijn niet ongebruikelijk. Vooral in het jongere Mesozoïcum gaat het meest om kalken, klei en zanden. De zanden zijn van diverse korrelgrootten en daarbij behorende doorlatendheden, de kleien zijn ondoorlatend en de kalken zijn doorlatend op secundair ontstane spleten waarin grondwater snel kan stromen, maar de bergingscapaciteit van het totale gesteente gering is. In het oudere Mesozoïcum gaat het meestal om kleisteen, die soms doorlatend is op spleten en geen grote bergingscapaciteit heeft. Muschelkalk bevat echter veel spleten en is redelijk watervoerend.

### **3.3.3 Tektoniek, kaart 4 en 5**

De op kaart 4 gepresenteerde interpretatie van de tektonische structuren in de ondergrond betreft het breukenpatroon dat zichtbaar is in het Tertiair en de top van de mesozoïsche afzettingen hieronder. Ten opzichte van de eerdere versie uit 1994 zijn veel details toegevoegd en verbeterd. Als gevolg van het grote aantal boringen en de kleinschalige lithostratigrafie van de tertiaire afzettingen kunnen breuken met een spronghoogte van 5 tot 10 meter worden gezien. In het Mesozoïcum is dat echter veel ruimer als gevolg van het ontbreken van kennis over details.

Zichtbaar is een min of meer Oost-West gerichte hoofdstructuur bestaande uit (doorgebroken) plooien, die in zuidoost-noordwestelijke richting is doorsneden, de richting van de Centrale Slenk in Nederland en het Duitse Rijndalgebied, de algemene richting in West Europa. Ook werden min of meer noord-zuid gerichte breuken gevonden, die soms een aanzienlijke spronghoogte laten zien. Hoewel slecht vergelijkbaar als gevolg van de hoge mate van detail rond Winterswijk, worden dezelfde structuren in het aangrenzende Duitse gebied aangetroffen (Drozdewski, 1987). Oost Nederland komt daar in grote lijnen mee overeen (Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, 1998). Continentendrift is de motor achter dit alles, maar ook lokale factoren spelen mee.

Hoewel het gebied zich door de ondiepe ligging van de oude afzettingen bij uitstek leent voor onderzoek aan tektonische structuren in relatie tot een fijnschalige stratigrafie, is een dergelijk onderzoek nooit systematisch uitgevoerd. De zojuist genoemde Nederlandse literatuur gaat voornamelijk uit van grootschalige seismische onderzoeken tot grote diepte, waarin breuken met spronghoogten van minder dan ca. 50 meter niet worden gezien en resultaten in gecompliceerde breukzones niet door de computer kunnen worden vertaald. Eerdere studies zijn op te weinig boringen gebaseerd en laten tektoniek in het Tertiair buiten beschouwing (Harsveldt, 1963).

De hier gepresenteerde interpretatie is uitsluitend op boringen gebaseerd. Deze zijn vooral in het oostelijk deel van de kaart zo overvloedig aanwezig, dat deze methode vooralsnog te verkiezen is boven interpretaties met behulp van beschikbaar seismisch onderzoek. De belangrijke opschuivingsbreukzone Oeding-Winterswijk (met een spronghoogte tot ca. 1000 meter) werd overtuigend met talrijke ondiepe boringen aangetoond. In het oosten van Kotten is deze zelfs zichtbaar als een 100 meter brede breukopvulling, met een chaotisch doorknede massa van gesteenten uit diverse perioden. Met deze structuur samenhangend is zuidelijker nog een opschuivingsbreuk gevonden in meer noordwestelijke richting door Kotten. Deze belangrijke fase van compressie heeft plaatsgevonden in de periode vanaf het jongste Krijt tot wellicht ver in het oudere Tertiair. Het aangetroffen Palaeoceen (Herngreen, 1997; Lissenberg, 1997), een gesteente rijk aan vulkanische as (Burger, 1997) in een boring te Corle lijkt nog in de breukstructuur gevangen te zijn (profiel 24 op kaart 5). Er bestaat dus een ruime marge in de periode waarin de opschuivingsbreukstructuur is ontstaan. In die periode zal zich een laag gebergte of een eilandenreeks gevormd hebben. Harsveldt (1963) ging nog uit van een overschuiving van Bontzandsteen en Zechstein over geplooiden structuren van het Krijt. Uit veldwaarnemingen blijkt echter overtuigend dat het een doorgebroken, overschoven plooistructuur betreft. Het gedeelte ten noorden van de breukzone is een zadel, een grote opwaarts gerichte plooï. De in kernboringen van de Rijksopsporing van Delfstoffen vastgestelde laaghellingsen zijn ook anders interpreteerbaar, in deze niet georiënteerde boringen blijft de strekking altijd onduidelijk. Pas vanaf de transgressie van het jongere Rupelien (Afzetting van Ratum, Afzetting van Kotten) begint een lange periode van tektonische rust.

De tektoniek gedurende het Tertiair in de noordelijke heft van het kaartblad is uitvoerig geanalyseerd. Het gaat voornamelijk om opheffing en kantelbewegingen van het plateau in wording en het ontstaan van verzakkingen langs oudere breuken als gevolg van decompressie, rektektoniek, vooral in het jongere Tertiair (Bosch, van den, 1999).

Een nieuwe analyse van de tektonische geschiedenis wordt in deze rapportage niet gepresenteerd. Het is verstandig te wachten tot een volgende gelegenheid, waarin ook

het Mesozoïcum kan worden meegenomen. Wel kan er op worden gewezen dat rond de overschuivingsbreukzone Oeding-Winterswijk jong tertiaire indalingsgebieden zijn aangetroffen, meestal direct ten noorden van de structuur. We zien dat in Brinkheurne (Stemerdinkweg) en Kotten (Fukkinkweg), rond Eelink te Winterswijk, rond de Corleseweg ten westen van Winterswijk en wellicht ook in de smeltwatergeul even ten noorden van Pompstation Corle (profiel 21 op kaart 5). Deze inversiegebieden zijn wellicht nog steeds actief, behalve die aan de Corleseweg zijn de overige te zien aan de relatief lage maaiveldshoogten. In veel oudere literatuur wordt dit geweten aan oplossing van steenzout in zoutoppersingen, maar wellicht gaat het meer om decompressie, het uitrekken van de bodem als gevolg van tektonische processen. Opvallend is dat de breukzone op zich als een hoge rand is blijven staan, in Kotten is dit zelfs aan de oppervlakte zichtbaar (profiel 4 en 5, ter hoogte van snijpunt profiel 21 op kaart 5).

In kaart 4 is onderscheid gemaakt tussen de belangrijkste opschuivingsbreuk (tussen Oeding-Winterswijk en verder westwaarts) en overige breuken. Deze laatste kunnen strikt genomen niet altijd als feitelijke breuken worden gezien. Mogelijk is hier en daar sprake van flexuren (ten noorden van de Steengroeve) of trapsgewijze breukzones. De waarnemingsdichtheid laat een correcte interpretatie niet altijd toe. Ook zones met geringe bewegingen in het Tertiair kunnen op wat grotere diepte gecompliceerde tektonische structuren vertegenwoordigen. Een goed voorbeeld is te zien in het noordelijk deel van profiel 10 en 14 op kaart 5. Nauwkeurig ondiep onderzoek in Tertiair blijkt voor het opsporen van tektonische structuren in Mesozoïcum zeer waardevol.

### **3.3.4 Profielen, kaart 5**

In totaal zijn 32 profielen getekend, de tracés zijn gekozen in verschillende richtingen en zoveel mogelijk over de uiteenlopende landschapstypen die het gebied rijk is. De profielen spreken voor zichzelf, het een en ander is al in de voorafgaande tekst ter sprake gekomen. Goed tot uiting komen de insnijdingen van de smeltwatergeulen en jong-pleistocene beekdalen.

De oudere kernen van het plateau bestaan uit Tertiair of Mesozoïcum, met daarin gecompliceerde breukstructuren. De top van het onder het Tertiair aanwezige Mesozoïcum kon niet overal in beeld worden gebracht. Wel wordt duidelijk dat het Mesozoïcum als gevolg van tektonische processen zeer complex is. Opvallend is de vondst van Bontzandsteen in verschillende boringen ten zuiden van de opschuivingsbreuk Oeding-Winterswijk, zie profiel 8, 9, 10, 11, 24 en 30. Ook het voorkomen van krijt met zwarte vuursteen van het Cenomanien in profiel 8 en 25, ten zuiden van Winterswijk, is opmerkelijk.

De locale indalingen van (jong) Tertiair zijn in beeld gebracht, zie profiel 4, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14 en 21. De indalingen kunnen 100 meter bedragen ten opzichte van de omgeving.

Op het plateau komt boven het Tertiair regelmatig keileem (grondmoraine) voor en niet zelden zien we daaronder nog een traject grof zand: preglaciale smeltwaterzanden of Formatie van Sterksel. Deze voorkomens zijn grillig verdeeld over het gebied en



het is niet duidelijk hoe de horizontale verspreiding hiervan er uitziet. Deze afzettingen zijn in de kartering slecht waar te nemen: de kartering tot 1,80 m is niet diep genoeg en er zijn te weinig diepere boringen om de verspreiding goed in beeld te krijgen. Lokaal spelen deze afzettingen een grote hydrologische rol. Het zou waardevol zijn met een boorprogramma tot 5 of 8 meter de verspreiding nauwkeuriger vast te stellen.

Goed zichtbaar is dat zodra de boringfrequentie toeneemt, de detaillering in de profielen snel in waarde stijgt, met bijzondere resultaten tot gevolg. Een goed voorbeeld is te zien in gedeeltes van profiel 23, 24, 25 en 28. Daar staat echter tegenover dat met name de "oevers" van de smeltwatergeulen veelal niet met veel boringen bedeed zijn, de interpretatie van de profielen laat hier nog (te) veel ruimte voor een andere invulling.

Toegevoegd zijn profiel 31 en 32, die getekend zijn over de lengtes van de smeltwatergeulen. Bij gebrek aan voldoende diepe boringen moeten deze profielen schematisch worden gezien. Duidelijk is dat van de exacte diepte van deze geulen zeer weinig bekend is. Ook de kennis van de verschillende (afsluitende) kleilagen is gering. Alleen in de directe omgeving van Pompstation Corle bestaat hiervan een redelijke indruk. Hier zijn met name de bekkenklei van het Eemien (die paatselijk is doorsneden) en de fijne bekkenafzettingen van het Saalien van belang. De diepste delen van de smeltwatergeulen nemen grondwater op uit de basis Tertiair of uit het Mesozoïcum, zie profiel 28).

De talrijke klei- en veenlagen in de geulopvullingen bevinden zich wel op corresponderende hoogten, maar van de horizontale verspreiding, het bedekkingsoppervlak, is niet veel bekend. In slordig uitgevoerde boringen zullen zij wellicht niet gezien zijn. Duidelijk is dat deze dunne afsluitende lagen nogal eens een grens in waterkwaliteit (ijzer, nitraat) vertegenwoordigen. Ook is er een enkele keer sprake van een duidelijke sprong van stijghoogte van het grondwater gezien (boring 41E.1-122 in profiel 31 in 1997 en boring 41E.1-101 in profiel 32 in 1980). Het diepere grondwater nam een hogere stand aan dan het ondiepe water.

De vernauwing of drempel in de smeltwatergeul, te zien in profiel 31 ter plaatse van het snijpunt met profiel 27 vraagt nader onderzoek.

### **3.3.5 Geologisch-bodemgeografische oppervlaktekaart, kaart 6**

Deze kaart is tot stand gekomen door bodemgeografische eenheden samen te voegen tot zeven geologische, landschapsgebonden eenheden:

- Enkeerdgronden;
- Holocene veenvormingen;
- Holocene afzettingen;
- Fluvio(periglacia)le afzettingen en jong pleistocene beekdalopvullingen;
- Dekzand (stuifzand);
- Keileem en oudere afzettingen;
- Overig; niet gekarteerd.

Het meest in het oog springend zijn de esdekken. Duidelijk is dat deze voornamelijk zijn gebonden aan oude beekdalsystemen. We zien een cluster rond het stroomgebied van de Groenlose Slinge, Beurzer Beek en het voormalige beekdal Ratum-Henxel. Tevens is er een dergelijke cluster rond het stroomgebied van de Boven-Slinge en Aaltense Slinge, vergelijk kaart 3. Meestal zijn esdekken gevormd op toppen, "duinen" van dekzand, maar buiten de dalsystemen kunnen de hoogten waarop de es is gevormd ook een enkele keer uit bijvoorbeeld keileem bestaan.

Holocene veenvormingen komen voor in laag gelegen smeltwatergeulen (Zwillbrocker Venn, Korenburger Veen, langs de Schaarsbeek) en in oude beekdalen (Blekkinkveen, Wooldse Veen). Zonder uitzondering zijn deze veenvormingen ontstaan op de waterscheidingen, wat wijst op een hydrologische oorzaak. Over het Witte Veen, in het zuidwesten van het onderzoeksgebied is geen informatie. Op het plateau komen nog wel verspreid moerige gronden voor, maar deze zijn van ondergeschikt belang. Het plateau had over het algemeen een droog karakter.

Het voorkomen van kleiachtige holocene beekdalafzettingen, meest over dekzand, is zeer beperkt. Algemener zijn de zandige beekdalafzettingen gebonden aan jong pleistocene en holocene dalsystemen.

Tussen Winterswijk en het Korenburgerveen bestaat de ondiepe ondergrond voornamelijk uit dekzand (jong Pleistoceen). Het maaiveld van dit gebied is ook iets hoger gelegen dan meer noord- of zuidwaarts in de smeltwatergeul. Dat zou er op kunnen wijzen dat ook hier de oorspronkelijke afwatering door dekzandvorming geblokkeerd is geraakt, evenals op plaatsen in de oude beekdalsystemen in het oostelijk deel van het onderzoeksgebied (Bosch, van den & Kleijer, 2003).

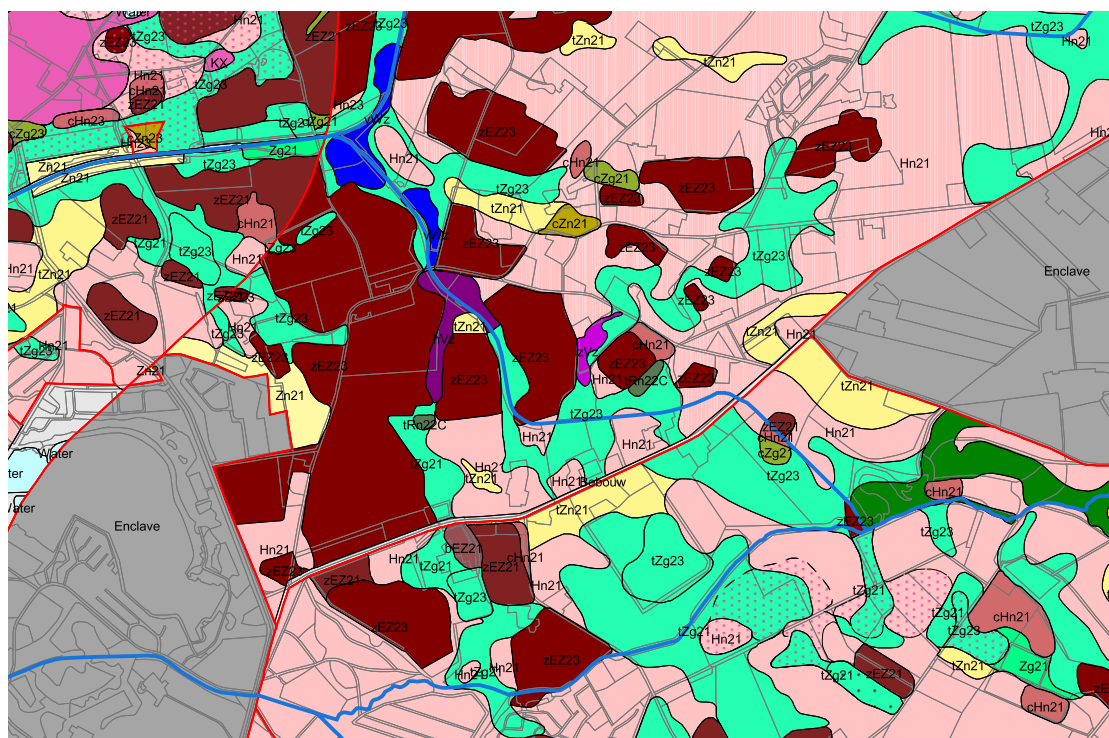
Door de beschikbaarheid van het AHN is het mogelijk om met "hillshade"-technieken het reliëf weer te geven op thematische kaarten. De geologisch-bodemgeografische oppervlaktekaart is met deze 3-d visualisatie uitgebreid omdat deze kaart een sterke landschappelijke samenhang heeft. De kaart is hierdoor veel informatiever omdat de patronen in het landschap beter herkenbaar worden.

## 4 Conclusies

### 4.1 Algemeen

Binnen dit project is een gedetailleerde bodemkaart en geologische kaart, nagenoeg gebiedsdekkend voor de gemeente Winterswijk met westelijke randzone (Oost Nederlands plateau), digitaal beschikbaar gemaakt. Van de geologische structuren werd op basis van nieuw archiefmateriaal, bijgewerkt tot september 2008, een geheel nieuwe interpretatie gemaakt.

Ontbrekende bodemkundige informatie, zoals van het gebied in de bebouwde kom van Winterswijk en ten noorden ervan (fig. 5), alsmede een gebied langs de Waliënseweg en van enkele 'weigeraars', is binnen dit project niet verzameld. Ook is geen grondwatertrappenkaart opgesteld. Hiervoor wordt verwezen naar al bestaande en eerder genoemde grondwatertrappenkaarten van delen van het onderzoeksgebied en naar de resultaten van het GD-onderzoek (Van Kekem et al., 2005).



*Figuur 5 Van enkele gebieden (enclaves in grijs) was geen bodemkundige informatie beschikbaar*

De ondergrond van Winterswijk herbergt een unieke hoeveelheid tertiaire en mesozoïsche afzettingen, die bovendien meest ondiep aanwezig zijn.

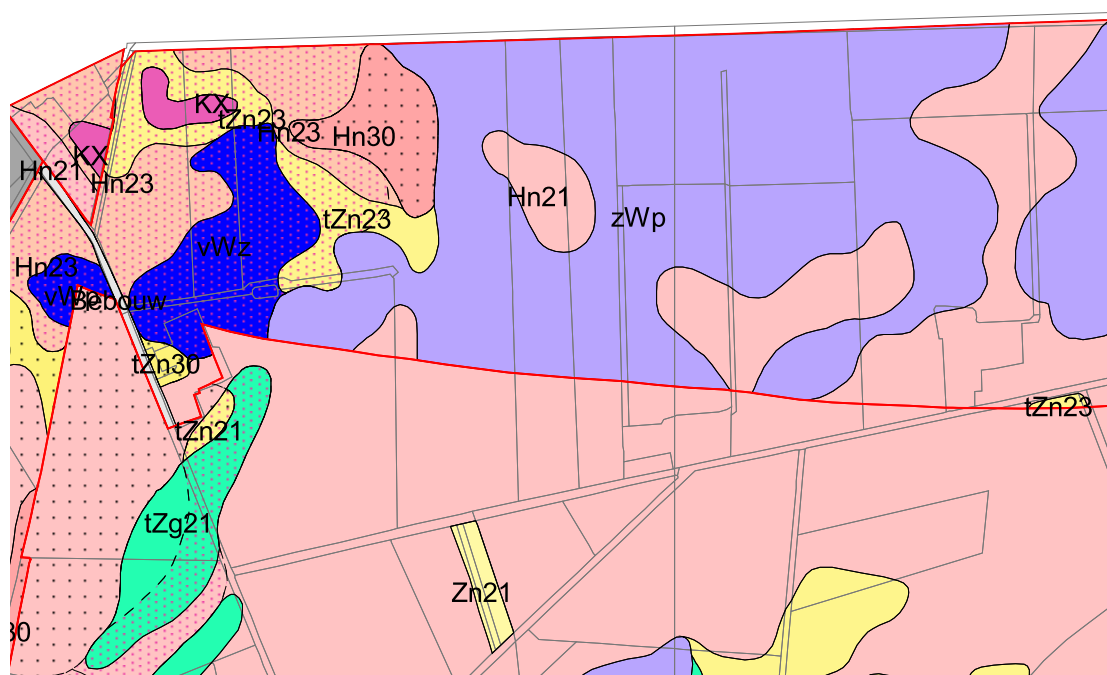
### 4.2 Betrouwbaarheid

De ondergrond van Winterswijk is buitengewoon complex. Het in beeld brengen ervan vergt een langdurig en intensief onderzoek waarin naar een grote waarnemingsdichtheid moet worden gestreefd. Een voldoende mate van

betrouwbaarheid voor schaal 1 : 25.000 wordt bereikt indien 1 boring per 2,5 ha (40 per km<sup>2</sup>) tot Tertiair-Mesozoïcum beschikbaar is. Bij minder boringen neemt de betrouwbaarheid snel af. Dat geldt voor zowel het interpreteren van het reliëf als voor het beoordelen van de lithostratigrafie en de tektonische structuren in het Tertiair en Mesozoïcum. Boven 20 m + NAP kon de reliëfkaart (kaart 3) meestal redelijk betrouwbaar getekend worden, beneden 20 m + NAP was dat al veel minder goed mogelijk en beneden NAP was interpretatie niet meer verantwoord. Dat houdt in dat van de omvang en diepte van de smeltwatergeulen, en dus impliciet van de bergingscapaciteit van grondwater, te weinig bekend is. De marges van de bergingscapaciteit liggen in een grootte van een factor 2 of wellicht 3. Ook de verspreiding van de in de geulen aanwezige ondoorlatende lagen is nog onvoldoende bekend.

Plaatselijk komt op het plateau onder de keileem een aanzienlijk pakket grof zand voor. Met name waar de onderkant van de keileem dieper is dan 1,80 meter, is de horizontale verspreiding van deze voorkomens niet goed in beeld gekomen. Niet alle delen van de hooggelegen plateaus zijn tot 1,80 meter gekarteerd. Dat veroorzaakt hinderlijke hiaten in de kennis. Aanvullend onderzoek is hier wenselijk.

In het verleden gekarteerde veengronden en moerige gronden kunnen als gevolg van verbeterde ontwatering en/of grondwerkzaamheden geoxideerd en (gedeeltelijk) verdwenen zijn (fig. 6). Minerale gronden zijn veel minder gevoelig voor deze veranderingen.



*Figuur 6 Gedeformeerde moerige gronden: in het noorden komen ze op de bodemkaart uit 1973 nog voor, in het zuiden zijn ze op de bodemkaart van 2000 niet meer onderscheiden*

### 4.3 Stratigrafie

Er bestaat geen gedetailleerd en handzaam lithostratigrafisch raamwerk voor de kwartaire afzettingen rond Winterswijk. Van het Tertiair is dat grotendeels middels interne rapportages wel aanwezig, maar nog niet als publicatie beschikbaar. De hoofdlijnen van het Tertiair, de afzettingsreeksen, zijn echter wel gepubliceerd. In deze rapportage zijn de nieuwste inzichten toegepast. Zonder fjnschalige lithostratigrafie van het Tertiair kon het beeld in kaart 4 niet vervaardigd worden. Het Mesozoïcum zou lithostratigrafisch moeten worden verfijnd en het uitwerken van diepe dwarsprofielen door deze afzettingen zal de kennis van de ondergrond en tektonische structuren zeer doen toenemen.

Het uitbrengen van een volledig uitgewerkte publicatie over de geologie en bodemkunde van Winterswijk is wenselijk.

### 4.4 Landschapsvorming, een korte impressie

De huidige landschapsvormen zijn het product van enkele honderden miljoenen jaren geologische geschiedenis. Het ontstaan van het Oost Nederlands plateau is er een rechtstreeks gevolg van. De details die daarin later zijn ontstaan als gevolg van erosie in het Pleistoceen, zoals smeltwatergeulen en oude beekdalen, volgden meestal de reeds in de ondergrond aanwezige structuren, van welke aard die ook waren. De hoofdvormen van het Winterswijkse landschap werden door tektonische processen bepaald.

Toen het landijs van het Saalien was gesmolten bleven de smeltwatergeulen als diepe meren in het landschap achter, een kaal landschap met keileem op de plateaus. Door erosie van de hellingen vormden zich in de smeltwatergeulen dikke afzettingen van bekkenklei. Gedurende het Eemien en Weichselien wisselden grofzandige beddingen van smeltwaterstromen en vorming van klei- en veenlagen elkaar af, de afstroom van hemelwater en kwel veroorzaakte diepe beekdalinsnijdingen, die uitmondten in de smeltwatergeulen die zich geleidelijk opvulden. De twee grote natuurlijke beekdalsystemen van Winterswijk ontstonden in die periode. Dat zijn in het noorden de Beurzerbeek-Groenlose Slinge en in het zuiden de Kottense beek-Boven Slinge-Stortelersbeek-Aaltense Slinge. Een koele en droge periode aan het einde van het Pleistoceen, waarin stuifzand (dekzand) de overhand kreeg, maakte het landschap af tot zijn huidige vormen. Oude beeklopen werden geblokkeerd door duinvorming, het afwateringssysteem veranderde. In de lage gebieden van de smeltwatergeulen en in enkele beekdalen, waar de nieuwe waterscheiding zich instelde, ontstond veengroei. Als daarna de mens definitief in het landschap verschijnt, zijn de hoofdvormen hiervan al aanwezig. Door landbouw op reeds bestaande hoogten, meest duinen van dekzand, werden esdekken gevormd. Vanaf de late middeleeuwen werden ten behoeve van de afwatering bestaande beken uitgediept en nieuwe beken aangelegd, zoals de Ratumse Beek en de Willinkbeek, deze doorsneden sommige hoge esdekken.

Diverse geologische elementen zijn in het landschap zichtbaar gebleven, zoals de plateaus, de smeltwatergeulen, oude beekdalen, dekzandduinen. Maar ook gevolgen van tektoniek zijn te zien, niet alleen in de Steengroeve, maar ook in het landschap. Het is aan te bevelen hier zorgvuldig mee om te gaan.

## Literatuur

Bosch, M. van den, 1983. *Keileemonderzoek. Rapport betreffende de resultaten van een aanvullende geologische kartering ten behoeve van het waterbeheersingsplan 't Woold bij Winterswijk*, voorjaar 1981. - Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie, Leiden.

Bosch, M. van den, 1984. *Lithostratigraphy of the Brinkheurne Formation (Oligocene, Rupelien) in the eastern part of the Netherlands*. - Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie, jrg. 21, pp 22-113.

Bosch, M. van den, 1994. *Bovenkant Tertiair en Mesozoïem, breukenpatroon, kaartbald 41E, 41F en 41G, schaal 1:25.000*. - Nationaal Natuurhistorisch Museum/Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk (niet gepubliceerd).

Bosch, M. van den, 1999. *Een analyse van bodembewegingen tijdens het Tertiair ten Noorden van Winterswijk (Provincie Gederland, Nederland)*. - Contributions to Tertiary and Quaternary Geologie, jrg. 36, pp 109-132.

Bosch, M. van den, M. C. Cadée & A. W. Janssen, 1975. *Lithostratigraphical subdivision of Tertiary deposits (Oligocene-Pliocene in the Winterswijk-Almelo region (eastern part of the Netherlands))*. - Scripta Geologica 29.

Bosch, M. van den & H. Hager, 1984. *Lithostratigraphic correlation of the Rupelien deposits (Oligocene) in the Boom area (Belgium), the Winterswijk area (the Netherlands) and the Lower Rhine District (F.R.G.)*. - Mededelingen Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie, jrg. 21, pp 123-138.

Bosch, M. van den en H. Kleijer, 2003. *De ontwikkeling van het landschap ten oosten van Winterswijk: geologische, bodemkundige en hydrologische impressies, naar aanleiding van het bodemgeografisch onderzoek 1995-1997*. Leiden, Backhuys Publishers. Cainozoic Research, Special Issue, Number 1.

Brand, S. H. van den, M. van den Bosch, D. Hamhus & W. van de Westeringh, 1981. *Winterswijk, landschap en vegetatie. Deel 1. Ontstaan en opbouw van het landschap*. - Wetenschappelijke Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging 147.

Brouwer, F., 1994. *De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Hupsel-Zwolle: resultaten van een bodemgeografisch onderzoek*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 328.

Burger, A. W., 1997. *Een vulkanische tuf in het Laat-Paleoceen van de Achterhoek?* - NITG-TNO, Sediment petrologie, rapport 1043 (niet gepubliceerd).

Dekkers, J.M.J. en H.J.M. Zegers, 1973. *Bestemmingsplan Winterswijk: de bodemgesteldheid en bodemgeschiedenis*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 1074.

Dekkers, J.M.J. en H.J.M. Zegers, 1973. *Sportveldencomplex "Jaspers" (gem. WINTERSWIJK): bodemkundig onderzoek en advies voor de aanleg van sportvelden*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 1078.

Drozdewsky, G., 1987. *Erläuterungen geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, 1:100.000, Blatt C 4306 Recklinghausen, 3: Gebirgsbau*. - Geologisches Landesamt Nordrhein Westfalen.

Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, 1987. *Geologische karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000, Blatt C 4306 Recklinghausen*. - Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen.

Harsveldt, H. M., 1963. *Older conceptions and present views regarding the Mesozoic of the Achterhoek with special mention of the Triassic limestones*. - Verhandelingen Koninklijk Nederlands Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap, 21-2, pp 109-130.

Herngreen, G. F. W., 1997. *Palynologische datering van tertiaire afzettingen in de boringen NNM 41E.3-318, 41E.3-319 en 41E.2-139, de Achterhoek*. - TNO-rapport NITG 97-164-B (niet gepubliceerd).

Herngreen, G. F. W., M. van den Bosch & Th. Lissenberg, 2000. *Nieuwe inzichten in de stratigrafische ontwikkeling van de Jura, Krijt en Onder-Tertiair in de Achterhoek*. - Gondboor & Hamer, jrg. 54-4.

Kleijer, H., 2001. *De bodemgesteldheid van de gebieden Winterswijk-Plateau en Winterswijk-West: resultaten van een bodemkundig onderzoek*. Wageningen, Alterra. Rapport 091.

Kleijer, H. en J.A.M. ten Cate, 1998. *De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Winterswijk-Oost: resultaten van een bodemgeografisch onderzoek*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 603.

Kloosterhuis, J., P. Harbers en F. Wopereis, 1968. *De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Aalten*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 688.

Lissenberg, Th., 1997. *Biostratigrafische interpretatie van 20 kernmonsters afkomstig uit 6 boringen uit de omgeving van Winterswijk (Kaartbald 41E)*. TNO-rapport NITG 97-166-B (niet gepubliceerd).

Meene, E. A. van de 1995. *A subglacial valley system of Saalien age in the eastern Netherlands and neighbouring Germany*. - Mededelingen Rijks Geologische Dienst 52, pp 153-165.

Meene, E. A. van de, et al., 1996. *Geologische kaart van Oost-Gelderland en Twente, top Tertiair, schaal 1:100.000*. - Rijks Geologische Dienst.

Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, 1998. *Kaartblad X Almelo-Winterswijk*. Geologische Atlas van de Diepe Ondergrond van Nederland.

Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, 2000. *Geologische kaart van Nederland 1:50.000, Blad Enschede West, Enschede Oost/Glanerbrug*, met toelichting door M. W. van den Berg, C. J. van Hutten en C. den Otter.

Oosterink, H., 2009. *Typelocatie van de Vossenveld-Formatie is de Winterswijkse muschelkalkgroeve*. - Grondboor en Hamer, jrg. 63-1.

Pleijter, G., D.J. Groot Obbink en A.A. van de Hurk, 1973. *Ruilverkaveling Winterswijk-West: bodem, bodemgeschiedenis en landschap*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 901.

Riele, W.J.M. te en H.G.M. Geenen, 1978. *Natuurgebied Korenburgerveen e.o.: de bodemgesteldheid en het waterniveau*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 1357.

Rijks Geologische Dienst, 1993. *Geologische kaart van Nederland 1:50.000, Blad Almelo Oost/Denekamp* + toelichting door M. W. van den Berg.

Staring, W. C. H., 1860. *De bodem van Nederland 2*. Kruseman Haarlem.

Steur, G.G.L. en W. Heijink, 1987. *Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000: algemene begrippen en indelingen*. 3<sup>e</sup> herziene uitgave. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

Van den Berghe, N., 1978. *Sedimentology of the Boom Clay (Rupelien) in Belgium*. - Verhandelingen Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België, Klasse der Wetenschappen, jrg. XL, no. 147.

Vandenbergh, N., H. Hager, M. van den Bosch et al., 1999. *Stratigraphical correlation by calibrated well logs in the Rupel Group between North Belgium, the Lower Rhine area in Germany and Southern Limburg and the Achterhoek in the Netherlands*. - Proceedings of the 7th Joint Biannual RCNNS-RCNPS meeting, Leuven, 20-23 September 1999. - Aardkundige Mededelingen 11, pp. 69-84, 2001.

Westeringh, W. van de 1984. *Ontstaan, ontwikkeling en ligging van de Winterswijkse beken*. - Geografisch Tijdschrift 18, pp 294-308.

Wösten, J.H.M., G.H. Stoffelsen, J.W.M. Jeurissen, A.F. van Holst en J. Bouma, 1983. *Proefgebied Hupselse Beek; regionaal bodemkundig- en bodemfysisch onderzoek*. Wageningen, STIBOKA. Rapport 1706.