

De ontwikkeling van het landschap ten oosten van Winterswijk

Geologische, bodemkundige en hydrologische impressies,
naar aanleiding van het bodemgeografisch onderzoek 1995-1997

Maarten van den Bosch¹ & Henk Kleijer²

¹Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk, Laan van Hilbelink 86a, NL-7101 WN Winterswijk, the Netherlands;

²Alterra b.v., Research Instituut voor de Groene Ruimte, P.O. Box 47, NL-6700 AA Wageningen, the Netherlands; website: www.alterra.nl

The development of the landscape east of Winterswijk

Geological, pedological and hydrological impressions, as based on pedogenetic-geographical studies 1995-1997

Inhoud/Contents

Summary	p. 3
Inleiding/Introduction	p. 4
Werkwijze/Methods	p. 5
Geologische opbouw; een geo-hydrologische impressie/Local geology; a geo-hydrological impression	p. 7
Ontstaan van het landschap gedurende het Pleistoceen en Holoceen/	p. 10
<i>Development of landscape during Pleistocene and Holocene</i>	
A - Vorming van het plateau, keileem/Formation of plateau, till	
B - Smeltwatergeulen en beekdalen/Meltwater gullies and streams	
C - Jong Dekzand en enkeerdgronden, stagnerende afwatering/Young Coversand and 'enkeerdgronden', stagnant soil drainage	
Het huidige landschap/	p. 17
<i>The present-day landscape</i>	
A - Doorschemeren van de diepere ondergrond/The deeper subsoil showing through	
B - Beeklopen/Streams	
C - Prehistorische bewoning, enkeerdgronden en oude boerderijen/Prehistoric traces, 'enkeerdgronden' and ancient farmhouses	
Conclusies en overwegingen/Conclusions and considerations	p. 24
Tot besluit/Epilogue	p. 25
Literatuur/References	p. 26

Summary

At the request of 'Dienst Landelijk Gebied' at Arnhem, Alterra b.v. carried out pedogenetic-geographical studies between 1995 and 1997, for the benefit of the Winterswijk-Oost reconstruction project (Kleijer & ten Cate, 1998). These studies took place in close co-operation with the 'Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk'.

Rather than constituting a preconceived goal, the present paper is the result of an experiment in uniting geological and pedogenetic-geographical data. These data were previously acquired during a unique research project, whereby, among other things, of the clay encountered in each well it was determined whether it was of Cainozoic or Mesozoic age, or if it represented till (= ground moraine). Combining pedogenetic-geographical and geological know-

ledge and experience did not only result in a reliable model of the (sub)soil, it also yielded a graphic expression of the development of the Winterswijk landscape during the past 100,000 years.

Although the Winterswijk-Oost reconstruction project covers but a small portion of the East Netherlands Plateau, it does constitute the most intricate part and as such it is representative of research that will broaden our knowledge. Both the extremely complex geological history and pedo-genetic-geographical history of this region explain its unique character.

The present paper attempts to summarise results of recent research projects which, in general, are dispersed in various short contributions and internal reports. In the discussion that follows, very few previous literature sources are consulted: as we have based our observations mainly on newly acquired facts, not speculations. Neither did we do much historical research – this we wish to leave to others. We did, however, consult the first measured map of the Netherlands, by Lieutenant-General Cornelis Rudolphus Theodorus Baron Kraysenhoff (1758-1840), produced between 1801 and 1811, in connection with the course of present-day streams. In this respect, older unmeasured maps often present conflicting pictures.

As a result of the work presented here, many previous assumptions on the development history of the study area (van den Brand *et al.*, 1981) need to be corrected. Pedo-genetic-geographical research and geological analysis have both demonstrated that many present-day brooks do not represent natural streams. This corroborates previous, albeit less well-founded, assumptions (van de Westeringh, 1984; van den Bosch, 1992-1993, part 4-92). In addition, a reliable picture of the developmental history of the present-day Winterswijk landscape has now been gained.

By publishing the present report, we wish to record the results of our studies, aiming at a larger readership consisting of natural scientists, archaeologists, environmental protectionists, district water boards, educational services and the general public.

The study area is part of the so-called East Netherlands Plateau; it is bordered in the east by the uplands in Germany (50-70 m + NAP = Normal Amsterdam Level) and in the west by a glacial meltwater gully and the valley of the Aaltense Slinge (Map 1). In places, this meltwater gully cuts to over 100 m – NAP and is filled with sediments of Late Pleistocene age. The depth of the boundary with underlying Cainozoic strata fluctuates throughout the study area. In the east, Mesozoic (Triassic-Cretaceous; Hermgreen *et al.*, 2000) deposits are encountered at shallow depths. The Cretaceous strata in particular may contain water in extensive zones and these account for seepage mainly at Kotten into the Boven Slinge, into the basal Cainozoic sands (Ratum Member) as well as into Quaternary sediments (van den Bosch, 1995, appendix 5). The depth at which Cainozoic strata are encountered sinks considerably towards the west, down to c. 100 m – NAP in the southwest of the study area. These deposits consist

mainly of impermeable clays. The base of the Cainozoic sequence (Rupelian) consists of sand (Ratum Member); the base of the Breda Formation also comprises water-supplying glauconitic sands (Miste Bed), which appear in the westerly part of the study area. The latter deposit is no longer fed by ground water from the deeper subsoil.

There are no comprehensive geo-hydrological studies of the systems on the East Netherlands Plateau. Just two more, less detailed, studies are available, both of which are based on the intricate geological structures in this area. The first is a research project around the pumping station Corle (Reitsma, 1981; Schoonderbeek, 1999); the second focuses on the sandpit 't Hilgelo, north of Winterswijk (Willemsen, 1998). The latter study also included a portion of the Winterswijk-Oost reconstruction project.

We may conclude that the groundwater map of the Netherlands, sheet 41 East (Bloemendaal & Cornelissen, 1985), is based on insufficiently detailed geological knowledge. Other, mainly small-scale studies have not been tested sufficiently against intricate geological models.

Data presented here show that the relief of the Winterswijk landscape, down to relatively small details, has developed naturally on a complex geological base. To this day, the natural relief remains largely undamaged.

The landscape surface, however, has largely been determined by human activities, which has had severe impacts on flora and fauna. Humans have previously reshaped the entire area; consider for instance the numerous 'enkeerdgronden' which locally reinforce the relief, and the brooks most of which should in fact be considered as constructed drainage systems. Over large areas, people cut sods, and as a result of cultivation and modern agricultural techniques the former podzol soils have largely disappeared. Despite all this, the original relief, however, has remained almost intact.

Remaining original natural features such as the unique glacial till landforms, the stream valleys and cover sand heights are now threatened by nature development schemes, in which soil is being excavated on a large scale, so as to remove the fertile topsoil or create wet sites. In this way not only the last remains of natural podzols are destroyed, but also the original relief is violated indiscriminately. Landscape reconstruction is much to be preferred, so that the natural development of the area may be safeguarded. The 'Stichting Aardkundige Waarden' should designate the area as landscape-forming geological monument ('aardkundig monument') and geological structure ('aardkundige structuur'), in order to preserve present-day conditions. Nature design and nature development should then be implemented only within the natural concept of landscape development.

Inleiding/Introduction

In de jaren 1995-1997 is door Alterra, in opdracht van de Dienst Landelijk Gebied te Arnhem, een bodemgeografisch onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de herin-

richting Winterswijk-Oost (Kleijer & Ten Cate, 1998). Het onderzoek heeft plaatsgevonden in samenwerking met het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk.

Het hier gepresenteerde artikel is niet voortgekomen uit een vooraf gesteld doel, maar is het resultaat van het experimenteel samenvoegen van zowel bodemgeografische als geologische onderzoeksresultaten. Dit is het gevolg geweest van een unieke werkwijze waarbij ondermeer nauwkeurig van iedere boring werd bepaald of de aangetroffen klei tot het Tertiair of Mesozoïcum behoorde of dat het keileem (=grondmorene) moest zijn.

Door bodemgeografische en geologische kennis en ervaring bij elkaar te voegen is niet alleen een goed model van de bodem en ondergrond verkregen, maar ook een plastisch beeld van het ontstaan van het Winterswijkse landschap in de afgelopen honderdduizend jaar.

Hoewel het herinrichtingsgebied Winterswijk-Oost slechts een gedeelte van het Oost-Nederlands Plateau is, is het wel het meest gecompliceerde deel en daardoor maatgevend voor kennisverruimend onderzoek. Door de zeer ingewikkelde geologische geschiedenis en bodemgeografische historie kan het gebied zonder meer als uniek worden beschouwd.

In deze publicatie is geprobeerd een samenvatting te geven van recente onderzoeksresultaten, die doorgaans verstopt zitten in diverse kleine artikelen en interne rapportages. In de discussie wordt nauwelijks oudere literatuur betrokken, we hebben ons vooral gebaseerd op nieuw verkregen, op feiten gebaseerde kennis. Er werd ook geen historisch onderzoek verricht, dat laten we graag aan anderen over. Wel is gebruik gemaakt van de eerste gemeten kaart van Nederland, door Luitenant-Generaal Cornelis Rudolphus Theodorus Baron Krayenhoff (1758-1840), vervaardigd tussen 1801 tot 1811. Dit in verband met de ligging van de huidige beeklopen. Oudere niet gemeten kaarten zijn wat dat betreft veelal strijdig met elkaar.

Veel oudere opvattingen over de wordingsgeschiedenis van het gebied (van den Brand *et al.*, 1981) moeten als gevolg van het hier gepresenteerde onderzoek worden gewijzigd. Zowel uit het bodemgeografisch onderzoek als uit het geologisch onderzoek is naar voren gekomen dat veel huidige beeklopen niet overeenkomen met een natuurlijke ontstaanswijze. Dit bevestigt eerdere, minder goed onderbouwde opvattingen (van de Westeringh, 1984; van den Bosch, 1992-1993, afl. 22-4-92). Ook werd een goede indruk verkregen betreffende de ontstaansgeschiedenis van het huidige Winterswijkse landschap.

Met deze publicatie willen we onze onderzoeksresultaten vastleggen, bedoeld voor een breder publiek van natuuronderzoekers, archeologen, landschapsbeheerders, waterschappen, educatieve instellingen en het publiek.

Het onderzochte gebied maakt deel uit van het zgn. Oost-Nederlands Plateau en wordt in het oosten begrensd door hoger gelegen gronden in Duitsland (50-70 m + NAP) en aan de westzijde door een glaciële smeltwatergeul en het dal van de Aaltense Slinge (zie Kaart 1). De glaciële smeltwatergeul is plaatselijk tot meer dan 100 m - NAP

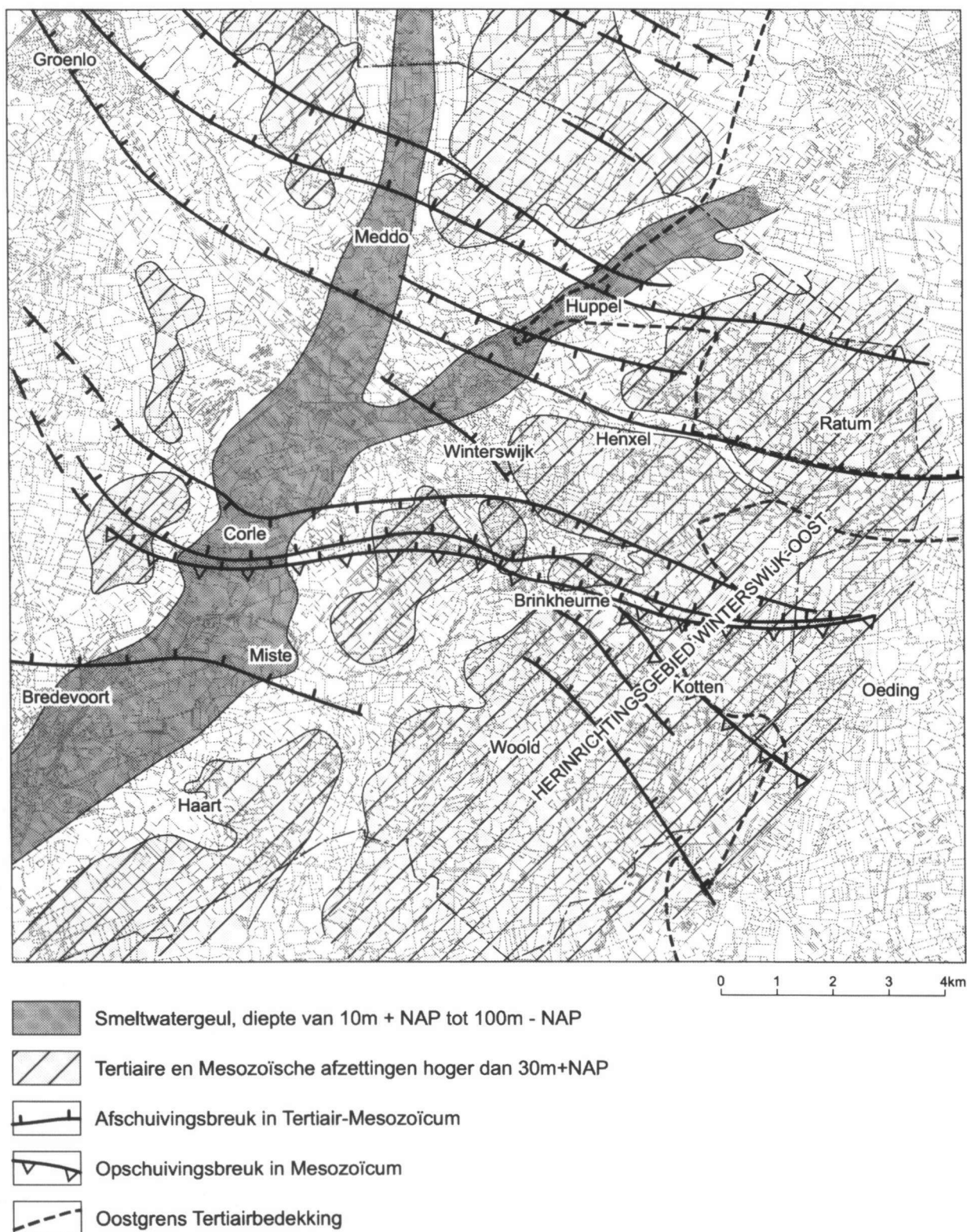
ingesneden en opgevuld met jong-pleistocene sedimenten. De grens van de bedekking met Tertiair slingert door het onderzochte gebied. Ten oosten hiervan worden reeds op geringe diepte mesozoïsche afzettingen aangetroffen uit het Trias tot en met het Krijt (Herngreen *et al.*, 2000). Vooral de afzettingen uit het Krijt kunnen in dikke zones watervoerend zijn en leveren met name in Kotten kwelwater af aan de Boven Slinge en aan basale zanden van het Tertiair (Afzetting van Ratum) alsmede aan de kwartaire afzettingen (van den Bosch, 1995). De tertiaire afzettingen nemen naar het westen aanzienlijk in diepte toe, tot ca. 100 - NAP in het zuidwesten van het onderzoeksgebied en bestaan in hoofdzaak uit ondoorlatende klei. De basis van het tertiaire pakket (Rupelien) bestaat uit zand (Afzetting van Ratum); ook de basis van de Formatie van Breda bestaat uit watervoerende glauconietzanden (Laag van Miste), die in het westen van het onderzoeksgebied verschijnen. Deze afzetting wordt niet meer gevoed door grondwater uit de diepere ondergrond.

Er bestaan geen allesomvattende geo-hydrologische studies van de systemen op het Oost-Nederlands Plateau. Er zijn twee deelonderzoeken van enige omvang, die uitgaan van de gedetailleerde geologische structuren in het gebied. Ten eerste is dat een onderzoek rond het grondwaterpompstation Corle (Reitsma, 1981; Schoonderbeek, 1999) en ten tweede is dat een onderzoek rond de zandwinplas 't Hilgelo ten noorden van Winterswijk (Willemsen, 1998). Dit laatste onderzoek omvat ook een gedeelte van het herinrichtingsgebied Winterswijk-Oost.

De Grondwaterkaart van Nederland, blad 41 Oost (Bloemendaal & Cornelissen, 1985) is nog gebaseerd op onvoldoende gedetailleerde geologische kennis van het gebied en een te grootschalig waarnemingsnet. Overige meest kleinschalige onderzoeken zijn onvoldoende getoetst aan de gecompliceerde geologische modellen.

Werkwijze/Methods

Aan deze publicatie ligt het bodemgeografische onderzoek van Alterra ten grondslag. In de daarbij behorende toelichting wordt ingegaan op de diverse aspecten van deze gedetailleerde kartering (Kleijer & Ten Cate, 1998). De kartering kwam tot stand volgens de gestandaardiseerde methode van bodemgeografisch onderzoek (Brouwer *et al.*, 1996). De landbouwkundige bodemgeografische classificatie kon in veel gevallen worden omgezet in een geologische interpretatie. Op deze manier ontstond een geologische oppervlaktekaart (Kleijer & Ten Cate, 1998, fig. 2). Een nieuwe bewerking hiervan is weergegeven in Kaart 3. De lithostratigrafische en chronologische aanduidingen van de jong-kwartaire en holocene afzettingen zijn overgenomen van wat elders in het land gebruikelijk is (Zagwijn & van Staaldin *et al.*, 1975). Rond Winterswijk zijn deze echter niet getoetst met behulp van bijvoorbeeld pollenonderzoek of tellingen van mineralenassociaties. Er bestaat slechts één paleontologische interpretatie met behulp van land- en zoetwatermollusken.



Kaart 1. Geologische overzichtskaart/Deze overzichtskaart is een compilatie van Van den Bosch (1994, 1996d, 1999); van de Meene (1996) en Herngreen *et al.* (2000).
Map 1. Geological map, based on data in van den Bosch (1994, 1996d, 1999), van de Meene (1996) and Herngreen *et al.* (2000).

Dit betreft boring 41E. 4-408, diepte 6,10-7,80 m – mv. (zie Figuur 3). Deze afzetting van grijs zand aan de basis van de opvulling van het dal van de Boven Slinge in Brinkheurne is op grond van de molluskenassociatie goed te plaatsen in een warmer interstadiaal van het Weichselien (Jonges, 1969 en pers. meded.).

Voor het bodemgeografisch onderzoek is ca. 1 boring per ha tot een diepte van 1,80 m – mv. uitgevoerd, totaal 9611 boringen. Regelmatig werd de top van het Tertiair of Mesozoïcum aangeboord. Hiervan zijn door Alterra monsters genomen die door M. van den Bosch van het Geologisch Veldlaboratorium zijn beschreven en lithostratigrafisch geïnterpreteerd. Deze ca. 1600 boorpunten geven aanleiding de geologische kaart (van den Bosch, 1994) in vele details aan te passen. Inzichten omtrent tektoniek zijn mede door deze nieuwe waarnemingen gewijzigd. Te zijner tijd zal een nieuwe geologische kaart van de bovenkant Tertiair-Mesozoïcum worden vervaardigd. Buiten de 9611 boringen van Alterra is mede gebruik gemaakt van ca. 2000 diepere boringen uit het archief van het Geologisch Veldlaboratorium. Zo'n 150 boringen daarvan komen uit het archief van de voormalige Rijks Geologische Dienst, thans het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.

Zoals hierboven is aangegeven werden voor Alterra zo'n 2500 boormonsters, op ca. 1600 boorlocaties, door het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk beschreven en geïnterpreteerd. De hoofdzaak was onderscheid te maken tussen tertiaire of mesozoïsche klei en keileem. Dat is belangrijk, want onder keileem kan immers nog een grof pakket (van soms meer dan 4 meter dikte) aanwezig zijn. Bovendien kan vermeend Tertiair glaciaal zijn verplaatst en is dan als het ware een overgangsvorm naar keileem. Als er sprake is van de verweerde top van het Tertiair *in situ* is dit ook belangrijk te weten, want dan is het zeker dat het grove pakket ontbreekt. Bovendien is dan nog vaak een nauwkeurige lithostratigrafische interpretatie van het Tertiair op afzettingenniveau mogelijk, hetgeen informatie geeft over de diepere ondergrond.

Door het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk werd gezocht naar een eenvoudige methode om onderscheid te maken tussen keileem en de verschillende verschijningsvormen van Tertiair en Mesozoïcum. Daartoe werd van de meeste monsters een dun 'uitstrijkje' gemaakt op papier, dat onder een microscoop werd bekeken. Gelet werd op het voorkomen van: siltfractie, glauconiet (*in situ* of verspoeld), glimmer, kwartsgruis, bonte mineralen, verspreide grove zandkorrels, e.d. Deze elementen bezitten karakteristieken die bij verwerking niet verloren gaan. Kleur en kalkgehalte zijn bijvoorbeeld alleen bruikbaar bij onverweerde sedimenten, evenals het gehalte aan organische stof en de consistentie. Omdat in het herinrichtingsgebied Winterswijk-Oost reeds honderden diepere boringen bestonden die in onverweerd Tertiair of Mesozoïcum eindigden, kon de interpretatie regelmatig worden getoetst

aan de werkelijkheid. Minder dan 10% van de door Alterra verzamelde monsters bleek niet interpreteerbaar. Het ging dan veelal om verspreide punten die uiteindelijk oplossen in het kaartbeeld. Als basis voor de interpretatie van het Tertiair is gebruik gemaakt van eerdere publicaties (van den Bosch, 1984, 1993, 1996a, 1996b; van den Bosch *et al.*, 1975). Het interpreteren van mesozoïsche afzettingen is in hoofdzaak een kwestie van persoonlijke ervaring. Er bestaan van het Mesozoïcum slechts globale lithologische overzichten (Herngreen *et al.*, 2000), de score is dan ook minder hoog.

Aansluitend op het bodemgeografisch onderzoek dat door Alterra in de jaren 1995-1997 werd verricht was aanvankelijk ruimte voor een honderdtal boringen tot 5 m – mv. Daarvan zijn 25 boringen uitgevoerd, om tot de conclusie te komen dat met een maximale diepte van 5 meter onvoldoende resultaat geboekt zou worden. Tevens werd een aantal van 100 boringen te gering geacht om inzicht te verkrijgen in de problematiek van het voorkomen van Tertiair en Mesozoïcum, alsmede van de diep gelegen keileem.

Door het Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk werd voorgesteld het resterende budget om te zetten in het uitvoeren van spuitboringen, omdat hiermee dieper en goedkoper geboord kon worden. In februari 2000 is door de Dienst Landelijk Gebied te Arnhem nog een aanvullende opdracht verstrekt voor het uitvoeren van extra spuitboringen. Deze techniek lijkt vrij ruw, maar er werd voor gekozen omdat er snel veel waarnemingen gerealiseerd kunnen worden. Het onderscheid tussen keileem en de verschillende hierop lijkende tertiaire en mesozoïsche afzettingen is goed vast te stellen. Op een aantal plaatsen werd in een gespoten boorgat met een handboor een controlemonster genomen. Uiteindelijk werden 275 spuitboringen uitgevoerd, waarvan een aantal zelfs dieper dan 10 m – mv. De spuitboringen, die bedoeld waren om een dieptekaart van de tertiaire en mesozoïsche afzettingen te vervaardigen, hebben geleid tot meer kennis van de ligging en de diepte van de jong-pleistocene beekdalen. Door het Geologisch Veldlaboratorium is uiteindelijk de verspreiding van de keileem, afkomstig uit het bodemgeografisch onderzoek van Alterra (Kleijer & ten Cate, 1998) samengevoegd met de kaart met de dieptelijnen bovenkant Tertiair-Mesozoïcum t.o.v. NAP, waardoor de pleistocene beekdalen in beeld kwamen. Door hierop nog de huidige beeklopen te projecteren is een zeer boeiend resultaat verkregen (zie Kaart 4 en Kaart 5; van den Bosch, 2000).

Geologische opbouw; een geo-hydrologische impressie/ *Local geology; a geo-hydrological impression*

Het Oost-Nederlands Plateau bestaat in hoofdzaak uit ondiep gelegen tertiaire en mesozoïsche afzettingen. Op veel plaatsen is dit hoger gelegen dan 20 of 30 m + NAP (zie Kaart 1). In het herinrichtingsgebied Winterswijk-Oost bevinden zich de tertiaire en mesozoïsche afzettingen

overwegend boven 30 m + NAP, in de buurtschap 't Woold zelfs tot 50 m + NAP (zie Kaart 5).

De top van de tertiaire afzettingen wordt veelal aangemerkt als de basis van het watervoerend pakket. Voor Winterswijk-Oost is dat zeker niet het geval. De dagzoom van de basis van het Tertiair slingert door het gebied, bovendien bestaat deze uit een 10 meter dikke watervoerende zandlaag, de Formatie van Ratum. De dagzoom hiervan kan, afhankelijk van de laaghelling, zeer breed zijn; de oostgrens van de tertiaire bedekking is aangegeven op Kaart 1. Het Tertiair ligt discordant over de oudere mesozoïsche afzettingen, die eveneens gedeeltelijk watervoerend zijn. In principe komt in de afzettingen van het gehele Mesozoïcum enig grondwater voor in spleten en breuken, maar in bijvoorbeeld Muschelkalk zijn die zo talrijk dat van een watervoerend pakket gesproken kan worden (Steengroeve en omgeving Willinkbeek in Ratum). In de Boven-Jura (Midden-Dogger) komen watervoerende zanden, zandsteen en schelpgruisafzettingen voor die in Kotten hier en daar nabij de oppervlakte zijn gelegen of contact maken met de basis van het Tertiair. Vooral het Krijt bevat watervoerende afzettingen zoals de zanden met grindbanken, kleilenzen en bruinkool van de Kuhfeld-Schichten (Onder-Krijt), die tenminste 250 meter dik zijn en dagzomen in een uitgebreid gebied rond de Kottenseweg en de Boven Slinge in Kotten. Maar ook de kalken van het Midden-Krijt (Albien en Cenomanien) zijn goed watervoerend door de talrijke spleten en breuken (diaklazen) die in het tientallen meters dikke gesteente voorkomen. Deze kalken zijn vooral bekend uit de ondergrond in de omgeving van de Kottense Beek. Zie voor een overzichtskaart van de mesozoïsche afzettingen *Herngreen et al.* (2000).

De watervoerende pakketten in het Tertiair en Mesozoïcum kunnen naar gelang hun voorkomen t.o.v. NAP inzijingszones zijn, maar ook kwelwater leveren. Het is bekend dat in een brede strook langs de Boven Slinge en de Kottense Beek de mesozoïsche afzettingen enig kwelwater afgeven aan de basis van het Tertiair (van den Bosch, 1995). De voeding is afkomstig uit het hoger gelegen Duitse gebied, waar waterdoorlatende Krijtafzettingen inzijingszones zijn. Het hydrologische systeem in de ondiep gelegen oudere afzettingen is dus zeer complex. De geologische kaart waarop is aangegeven op welke plaatsen oudere watervoerende afzettingen aan de oppervlakte komen (van den Bosch, 1996d) moet echter, als gevolg van het bodemgeografisch onderzoek in het herinrichtingsgebied Winterswijk-Oost, op details worden herzien.

In groter verband is het zo dat de watervoerende zandlaag aan de basis Tertiair, die in het herinrichtingsgebied Winterswijk-Oost dagzoomt, wordt aangesneden door de diepe smeltwatergeul die westelijk van het onderzoeksgebied aanwezig is (zie Kaart 1). In Corle, nabij het drinkwaterpompstation, is de smeltwatergeul zelfs zo diep (meer dan 100 m – NAP) dat het Tertiair geheel is verdwenen en watervoerend Onder-Krijt wordt aangesneden. De oudere watervoerende formaties geven hier kwelwater af aan de kwartaire geul, waardoor het grondwater in de diepere ondergrond ten oosten hiervan is 'doorgespoeld'. Het

aanwezige oorspronkelijke zoute water is goeddeels vervangen door zoet grondwater van jongere datum. Ten westen van de smeltwatergeul wordt aan de basis van het Tertiair nog zout grondwater aangetroffen, maar ten oosten ervan is deze zandlaag interessant voor drinkwatervoorzieningen op boerderijen.

De zwak watervoerende glauconietzanden van de Laag van Miste, gelegen in het westelijk deel van het onderzoeksgebied, geven geen kwelwater af uit de diepere ondergrond. Tussen de Laag van Miste en de Afzetting van Ratum (= basis Tertiair) is 60-80 meter ondoorlatende tertiaire klei aanwezig. Het in de Laag van Miste aanwezige grondwater wordt aangevuld door ondiep grondwater en geeft het ook daaraan weer af, afhankelijk van de schommelingen in de waterstanden. Wel is het zo dat grondwater uit de Laag van Miste de neiging zal hebben af te vloeien naar de westelijk gelegen smeltwatergeul en het dal van de Aaltense Slinge. De Laag van Miste bereikt hier de randen van de geulen, waarin een lagere grondwaterstand heerst. De zandlaag wordt op het plateau afgedekt door jongere tertiaire klei. Overzichtsprofielen van de diepere opbouw van het Oost-Nederlands Plateau rond Winterswijk zijn reeds eerder gerapporteerd (van den Bosch, 1996c).

Gedurende de vergletsjering in het Pleistoceen (Saalien) is op het Oost-Nederlands Plateau keileem afgezet. Ook ontstaan dan de diepe smeltwatergeulen. Plaatselijk blijven op het plateau restanten van midden-pleistocene Rijnaafzettingen (Formatie van Sterksel) bewaard, zoals in 't Woold, waar ze lokaal een watervoerend pakket vormen, ook onder de keileem. Ook in Brinkheurne is dit gesignaleerd (zie Figuur 6). In Ratum is voorafgaande aan de vorming van de keileempakketten, grof fluvioglaciaal zand afgezet. Jongpleistocene dalsystemen, die op zich weer zijn opgevuld met matig fijn tot grof zand doorsnijden de keileem en maken contact met de grove pakketten onder de keileem, het zand aan de basis van het Tertiair en de watervoerende formaties uit het Mesozoïcum. De dalsystemen kunnen zo diep zijn ingesneden (spitsdalen) dat de tertiaire kleipakketten geheel zijn verdwenen. Wat van het keileemdek nog over is, is aangegeven op Kaart 4.

Grote oppervlakten van het Oost-Nederlands Plateau bevatten zeer ondiep gelegen tertiaire en mesozoïsche ondoorlatende klei of slecht doorlatende keileem. Veel van de neerslag zal dan ook afvloeien via begreppeling in het landschap naar de beken en andere grotere oppervlakkige afwateringssystemen. Een deel van de neerslag vloeit af via de aanwezige dekzandafzettingen, over de oppervlakte van het Tertiair, naar laaggelegen delen in het gebied en naar de dikke zandopvullingen van de jong-pleistocene beekdalen. Via deze oude systemen komt het ondiepe grondwater met enige vertraging aan in de diepe smeltwatergeulen, waarvan de laagst gelegen gedeelten, zoals in Corle, bij langdurige regenval onderlopen omdat het grondwater hier boven het maaiveld stijgt. Dit proces was midden jaren negentig enkele malen waarneembaar, maar zal in het verleden, voordat de mens ingreep, regelmatig hebben plaatsgevonden en heeft tot veenvorming geleid.

Chronostratigrafie										Jaren voor Chr. ca.	Lithostratigrafie		
K E N N O Z O ? C U M										11 000	Formatie van Kootwijk † (stuifzand)	Formatie van Singraven (klei en veen, beekafzettingen)	Formatie van Griendtsveen (veenmosveen, zeggeveen)
P L E I S T O C E E N										55 000	Form. van Twente	Jong dekzand II †	
												veen of laag van Usselo	
M i d d e n										80 000	o.a. Bekkenklei	Formatie van Drente † (keileem en fluvioglaciale afzettingen)	
												250 000	
V r o e g										200 000	Formatie van Sterksel † (fluviale Rijn-afzettingen)	Afzetting van Lievelede †	
												5 000 000	
T E R T I A I R										22 000 000	Formatie van Breda	Afzetting van Delden †	
												Afzetting van Eibergen	
M i o c e e n										37 000 000	Formatie van Rupel	Afzetting van Aalten	
												Laag van Stermerdink †	
O l i g o c e e n										53 000 000	Formatie van Winterswijk	Afzetting van Woold	
												Afzetting van Kotten †	
E o c e e n										65 000 000	Texel Krijt-kalk Formatie †	Holland Formatie	
												Vlieland Formatie/Kuhfeld-Schichten †	
P a l e o c e e n										100 000 000	Muschelkalk Formatie †	(onbenoemd)	
												Werkendam Formatie	
K R I J T										136 000 000	Aalburg Formatie	Sleen Formatie	
												Muschelkalk Formatie †	
J u r a										205 000 000	Röt Formatie	Hoofd Bontzandsteen Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
T r i a s										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	
												Bontzandsteen	
M e s o z o o ? C u m										215 000 000	Muschelkalk Formatie †	Röt Formatie	

- * koude tijd
 ** tenminste 4 warme en 3 koude tijden
 *** 2 warme en 2 koude tijden
 † watervoerende afzetting
 geen afzetting aanwezig

Bron: gewijzigd naar NITG-TNO

Tabel 1. Chronostratigrafisch en lithostratigrafisch overzicht
Table 1. Chronostratigraphic and lithostratigraphic overview

Ontstaan van het landschap gedurende het Pleistoceen en Holoceen/*Development of landscape during Pleistocene and Holocene*

A - Vorming van het plateau, keileem/*Formation of plateau, till*

Als gevolg van tektonische bewegingen gedurende het Tertiair, die eindigden met de opheffing van het Oost-Nederlands Plateau (zie ondermeer van den Bosch, 1999) trekt de zee zich aan het einde van het Tertiair (Pliocene) geleidelijk terug tot de omgeving van Doetinchem. Aangenomen kan worden dat het plateau bij de aanvang van het Pleistoceen nog vrij vlak was. De zeer dikke kleiafzettingen van het Tertiair werden nog afgedekt door de laatste zeeafzetting van de reeks, de zandige en glauconietrijke Afzetting van Delden, die als oudste Pliocene is aan te merken. Gedurende de rest van het Pliocene vormen zich nog zanden van de Afzetting van Lievelede, die een ondiep marien, terrestrisch of fluviatiel karakter hebben. Deze zanden zullen in het oudste Pleistoceen al door erosie verdwenen zijn, alleen westelijk van de grote smeltwatergeul zijn nog restanten van het oudste gedeelte ervan bewaard gebleven. De dieper gelegen tertiaire klei bood weerstand aan verdere erosie. Maar het erosief karakter van het gebied blijft toch wel in stand gedurende het gehele Pleistoceen. Het reliëf zoals dat nu in de top van het Tertiair en Mesozoïcum wordt aangetroffen (=basis Kwartair, zie Kaart 4 en 5) zal geleidelijk aan zijn ontstaan door erosie vanaf het Vroeg Pleistoceen. Dit erosieve karakter heeft er toe geleid dat oudere pleistocene afzettingen dan de Formatie van Sterksel niet in het gebied worden aangetroffen, behoudens een niet verder onderzocht twijfelgeval in de buurtschap Huppel (boring 41F.1-68).

Gedurende het Midden Pleistoceen vormen zich afzettingen van Rijnterrassen (Formatie van Sterksel), kwartsrijk grof zand met veel grind, die voornamelijk in de buurtschappen 't Woold, Kotten en Brinkheurne worden aangetroffen. De grootste dikten Sterksel (tot enkele meters) worden aangetroffen in tertiaire dalingsgebieden, die wellicht nog in het Pleistoceen actief zijn geweest. De waarnemingen zijn echter niet zo duidelijk als die bij Groenlo, waar een indaling van 16 meter werd vastgesteld, opgevuld met pleistocene afzettingen ouder dan keileem (van den Bosch, 1999, p. 129). Mogelijk wordt een sterke indaling van pleistocene sedimenten gezien in een gebied ten noorden van de opschuivingsbreuk Oeding-Winterswijk, in de buurtschap Brinkheurne (zie Figuur 6). Het voorkomen van diep gelegen Sterksel onder dikke keileemafzettingen is hier gekoppeld aan diepe indalingen van tertiaire sedimenten. Het gaat hier dan nog om een pleistocene nawerking van ten hoogste 5 meter.

Het is duidelijk dat vóór de vergletsjering van het Saalien plaatsvond, het reliëf van de top Tertiair-Mesozoïcum al in grote lijnen aanwezig was. Het is opmerkelijk dat het patroon van het reliëf dat samenhangt met de jong-

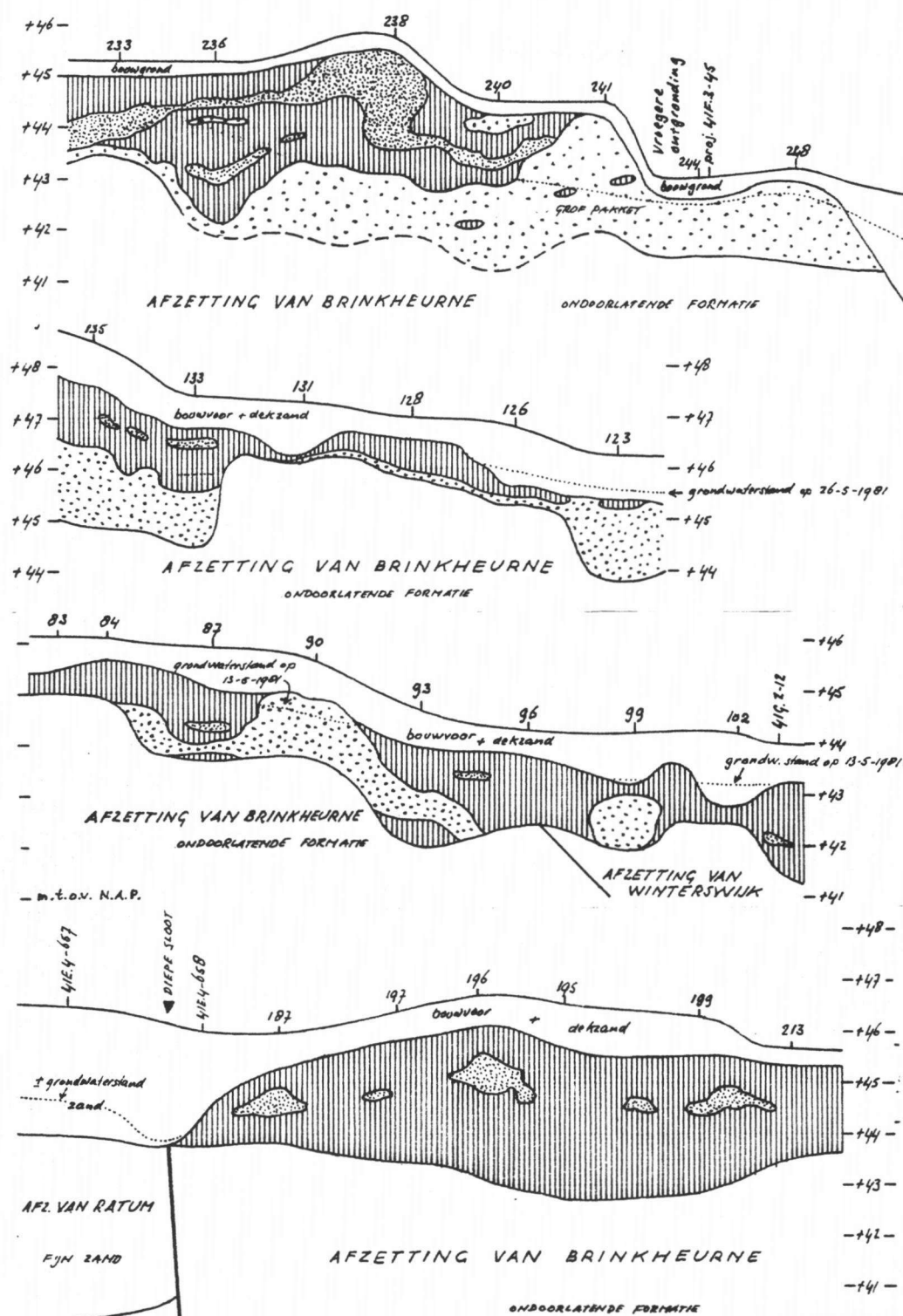
pleistocene beeklopen zich onder de keileem voortzet. Hier en daar wordt zelfs keileem aangetroffen op grotere diepte, langs de hellingen van deze dalsystemen, tot meer dan 10 meter beneden het huidige maaiveld. De globale verspreiding van dergelijke voorkomens is op Kaart 4 met code 'C' aangegeven. Vooral aan de westrand van het dal van de Boven Slinge en het dal van de Stortelersbeek komt een dergelijke situatie voor, wat kan betekenen dat vóór het Saalien hier ook al een belangrijk dalsysteem bestond. Zeer recentelijk is een dergelijke situatie ook aangetroffen in een boring aan de Jachthuisweg, niet ver van de zandwinning 't Hilgelo. Hier betreft het een diep keileemvoorkomen in een voormalig Oost-West verlopend dal waarin nu de Ratumse Beek en de Willinkbeek samenkomen (nog niet op kaart aangegeven; nagekomen informatie). De talloze boringen die in het onderzoeksgebied zijn gemaakt geven geen enkele aanwijzing voor het ontstaan van deze diepe keileemstructuren door glaciële verplaatsing van oudere grondmassa's. Klaarblijkelijk volgde de keileembedekking het bestaande reliëf en werd dat na het smelten van het landijs door erosie verder versterkt. Direct voorafgaande aan de vergletsjering gedurende het Saalien wordt in een gebied in de buurtschap Ratum een pakket fluvioglaciaal zand afgezet. Dit bontgekleurde matig grove tot grove zand met weinig grind, dat tegen de landsgrens aan dagzoomt, is voor het overige lokaal onder de keileem aanwezig en kan meer dan 4 meter dik zijn.

De over het gebied schuivende gletsjer zal vrijwel overal een keileempakket hebben achtergelaten. De dikte hiervan is gering, meestal minder dan 3 meter, maar plaatselijk wordt meer dan 8 meter aangetroffen. Behalve noordelijke zwerfstenen bevat de keileem zeer veel materiaal dat uit de ondergrond in de (zeer) directe omgeving is opgenomen, hierdoor is vooral het onderste gedeelte van de keileem kalkrijk. Hoewel er in het gebied geen sprake is van glaciële stuwing of glaciële verplaatsing van aanzienlijke grondmassa's, heeft de gletsjer wel het onderliggende landschap 'afgeschraapt' en door de keileem gemengd. Het gaat echter om een kleinschalig proces over geringe afstanden, meestal niet meer dan enkele honderden meters. Bij dit proces wordt de uiterste oppervlakte van de ondergrond gedeformeerd en enigermate meegesleurd. Hierbij vindt klaarblijkelijk een rollende beweging plaats: uitgegraven keileemprofielen vertonen bolvormige insluitels van andere formaties, bijvoorbeeld Sterksel of fluvioglaciaal zand.

Dit alles verklaart de zeer grote complexiteit van keileemstructuren, de samenstelling van de afzetting is in geen boring gelijk. Bovendien blijkt ongeveer in het midden van het keileempakket in veel gevallen een zone roestige zandnesten aanwezig te zijn. Is keileem bij Winterswijk in twee fasen afgezet? (van den Bosch, 1983).

Enkele voorbeelden van keileemstructuren zijn weergegeven in Figuur 1.

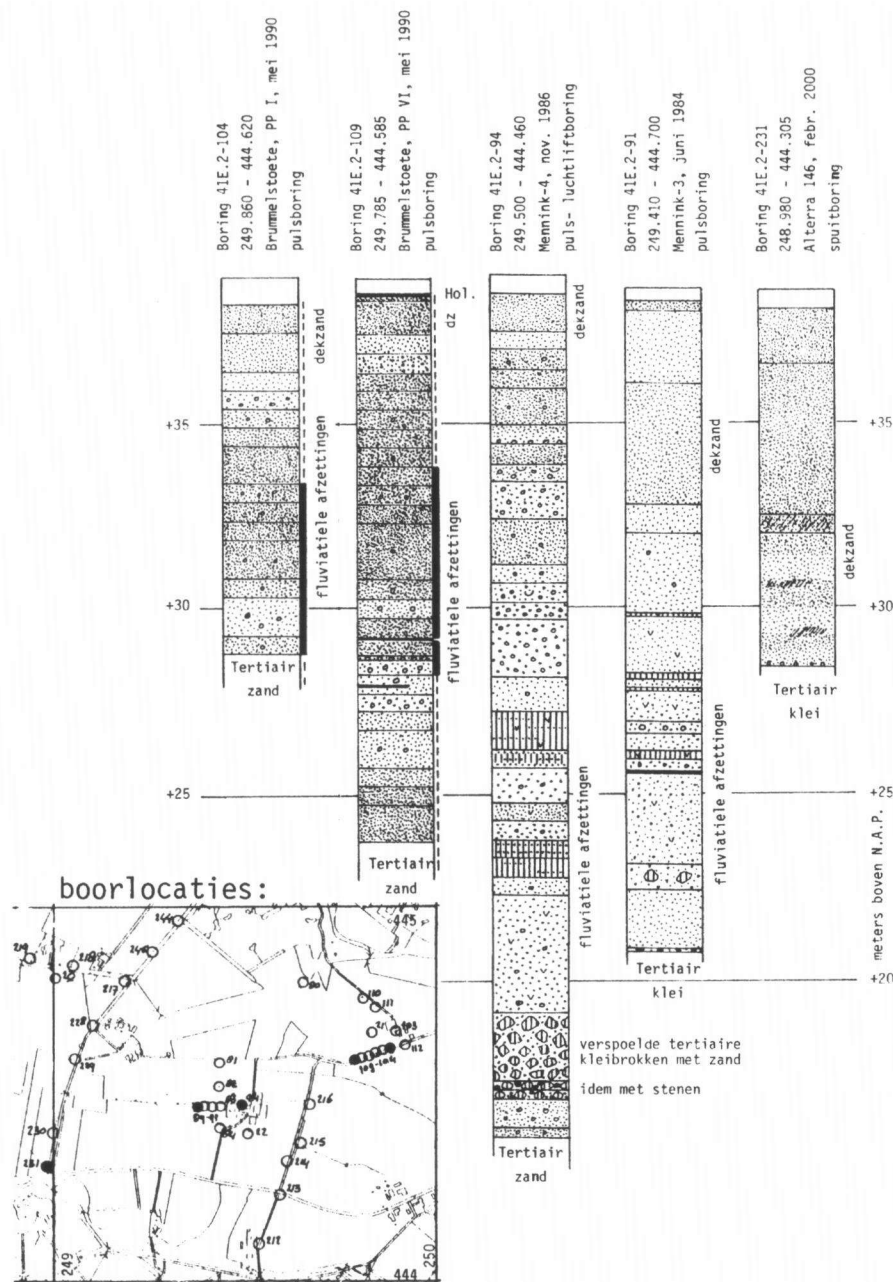
Keileem kan niet volledig als waterondoorlatend worden beschouwd. Het grote aantal zandnesten maakt deze afzetting toch als een soort 'gatenkaas' en zelfs de matrix bezit een zekere porositeit.



Fijn gestippeld: roestige zandnesten
 Grof gestippeld: gedeformeerd Sterksel
 Gearceerd: keileem

Finely stippled: rusty sand lenses
 Coarsely stippled: deformed Sterksel
 Hatching: till

Figuur 1. Voorbeelden van lengteprofielen door keileem in 't Woold (uit van den Bosch, 1983).
Figure 1. Example of sections through till deposits in 't Woold (after van den Bosch, 1983).



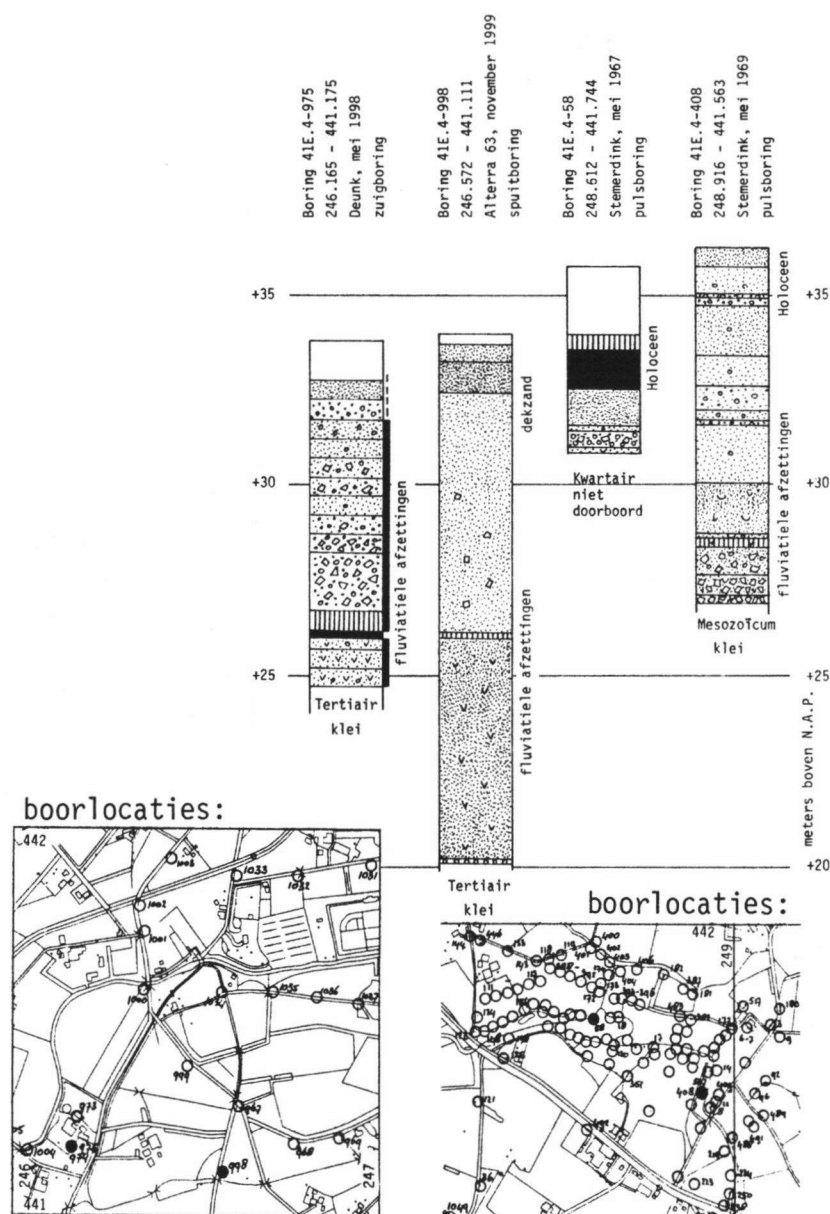
Figuur 2. Boorprofielen in het jong-pleistocene beekdal te Henxel (voor legenda zie Figuur 4)
Figure 2. Borehole logs for the Late Pleistocene brook valley at Henxel (see Figure 4 for key)

Boorgaten in keileem lopen geregeld vol water en onderzoek in het veldlaboratorium, met name het druppelen met zoutzuur in verband met het kalkgehalte, toont aan dat de klei wel degelijk enigermate waterdoorlatend is. Er zijn geen concrete gegevens over de doorlatendheid van keileem rond Winterswijk beschikbaar.

B - Smeltwatergeulen en beekdalen/Meltwater gullies and streams

Als het landijs is gesmolten blijft rond Winterswijk een

gebied achter met hoogteverschillen van ca. 150 meter. Dit wordt veroorzaakt door de tijdens de vergletsjering ontstane tunneldalen voor de afvoer van smeltwater onder de ijskap. Na het smelten van de ijskap blijven deze als langgerekte diepe meren in het landschap achter. Op de bodem ervan is een zeer grove fluvioglaciale afzetting achtergebleven met veel grind en stenen, waaronder ook noordelijke zwerfstenen. Deze afzetting bevindt zich in Corle tussen ca. 70 en 100 m – NAP (van de Meene, 1995). Op de hoge delen van het plateau komen na het smelten van het ijs de daarin aanwezige noordelijke zwerfstenen op de keileem te liggen.



Figuur 3. Boorprofielen in het jong-pleistocene beekdal van de Boven Slinge in Brinkheurne en ten zuiden van Winterswijk (voor legenda zie Figuur 4).

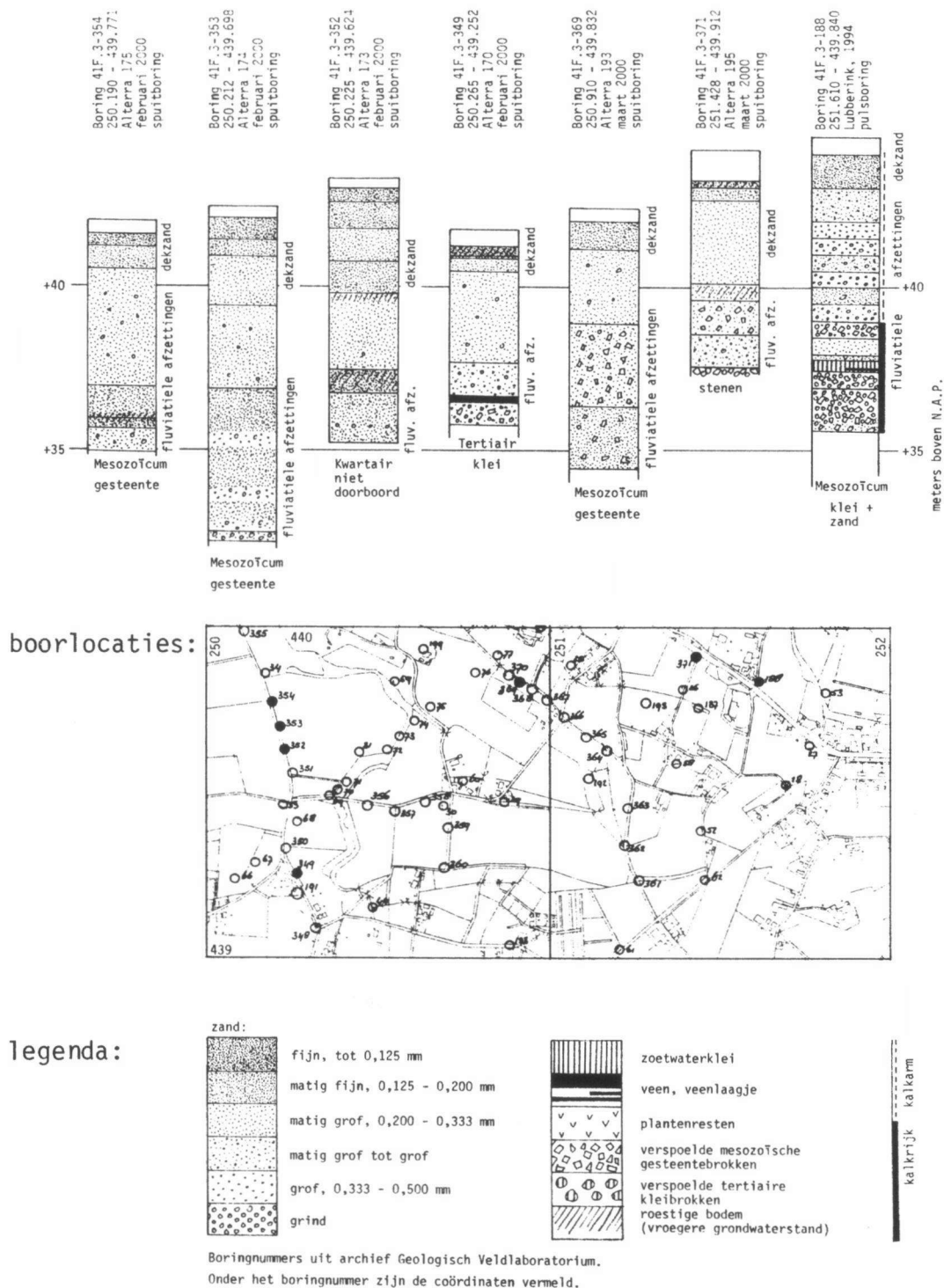
Figure 3. Borehole logs for the Late Pleistocene brook valley of the Boven Slinge at Brinkheurne, and south of Winterswijk (see Figure 4 for key).

Het zijn deze keien die in de recente tijd nogal eens in de bouwvoor terecht zijn gekomen en hinder opleveren voor bijvoorbeeld de aardappelteelt. Ook ontstaan hier en daar fluvio-glaciale afzettingen, die echter niet zo grof zijn als die onder in de smeltwatergeulen.

In de hierboven genoemde meren ontstaat vervolgens een fijnkorrelige bekkenafzetting van tientallen meters dikte, die nog tot het Saalien behoort. Deze bekkenafzetting bestaat in hoofdzaak uit verplaatst Tertiair materiaal, dat van de snel verwerende oevers afkomstig is en waaruit zich nieuwe klei- en fijnkorrelige zandlagen vormen. In boring 41E.3-317 (Figuur 5) is de top van dit pakket aangetroffen

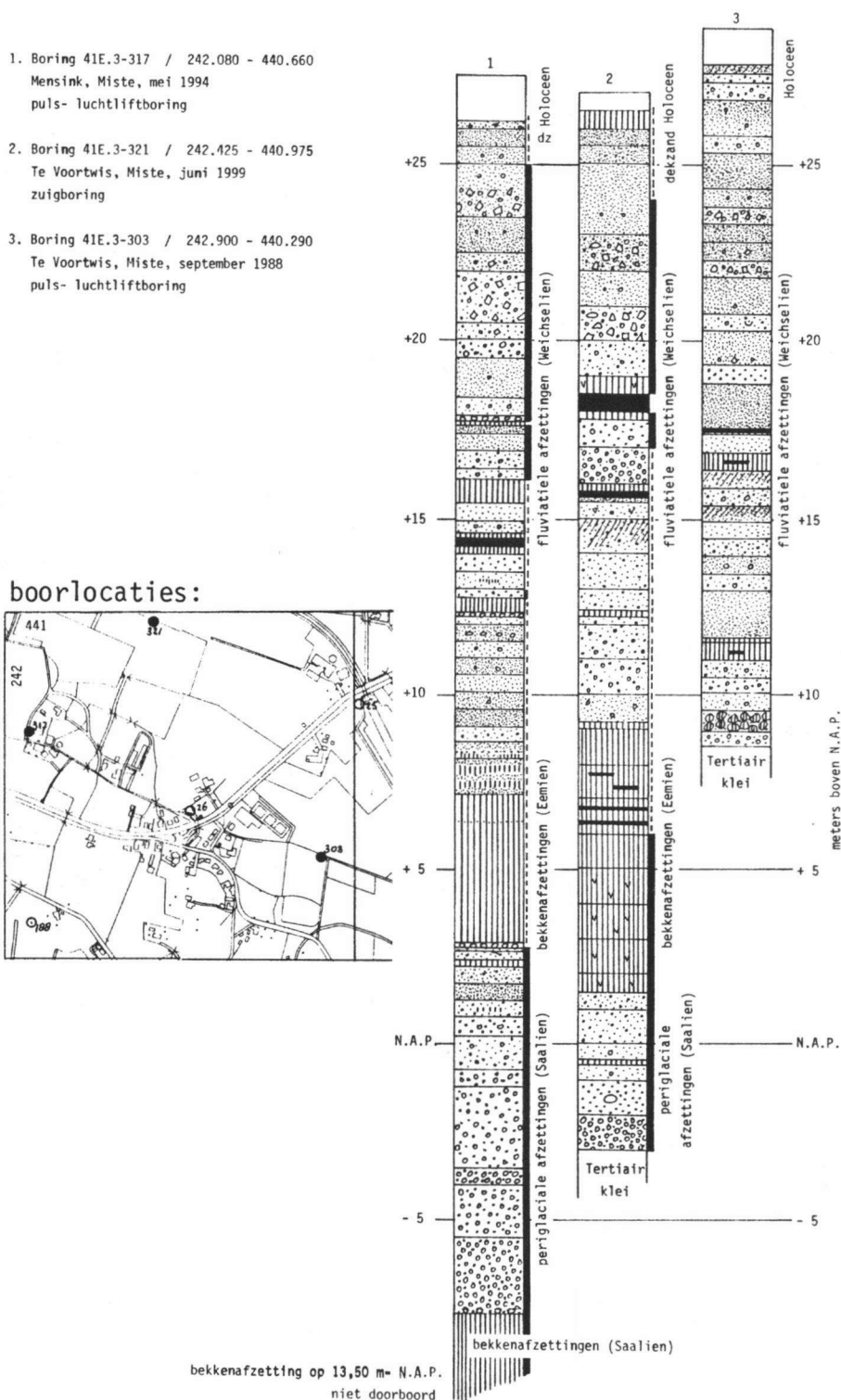
op ca. 8 m – NAP. Vervolgens wordt de smeltwatergeul tot ongeveer het NAP-niveau opgevuld met grove periglaciale zanden (smeltwaterzanden) die eveneens tot het Saalien gerekend worden (van de Meene, 1995; zie Figuur 5).

Gedurende het Eemien bestaan de meren nog steeds, maar van een grote diepte is geen sprake meer. In deze warmere periode vormen zich wederom bekkenkleien in ondiep water en soms treedt ook veenvorming op. In het midden van de bekkens wordt continu klei afgezet, aan de oevers ontstaan ook zandige lagen, soms zelfs van grover hellingmateriaal. Aan het einde van het Eemien zijn de zoetwaterbekkens opgevuld tot 8 à 10 m + NAP.



Figuur 4. Boorprofielen uit het jong-pleistocene beekdal van de Boven Slinge en de Kottense Beek te Kotten en bij Oeding (met legenda).

Figure 4. Borehole logs for the Late Pleistocene brook valley of the Boven Slinge and Kottense Beek at Kotten and near Oeding (with key).



Figuur 5. Boorprofielen in het jong-pleistocene beekdal van de Boven Slinge en het smeltwaterdal te Miste (voor legenda zie Figuur 4).

Figure 5. Borehole logs for the Late Pleistocene brook valley of the Boven Slinge and the meltwater gully at Miste (see Figure 4 for key).

Ongeveer op deze hoogte zou het Weichselien moeten beginnen, maar zekerheid hierover bestaat niet. Van de kwartaire afzettingen in de dalsystemen rond Winterswijk

bestaan geen concrete dateringen op basis van pollenonderzoek of mineralogische tellingen, zodat de ontwikkeling zoals hier geschetst wordt, slechts een schatting is.

De waterstand in de meren moet lange tijd gestabiliseerd zijn geweest rond de 8 m + NAP. De omringende plateaus reiken hier enige tientallen meters bovenuit, in 't Woold zelfs meer dan 40 m.

Op de hoge en droge heuvels dringt verwerking meters diep in de ondergrond, in de oevers van de smeltwatergeulen treedt in de tertiaire zandlagen, die daar dagzomen (Laag van Miste en Formatie van Ratum) oxidatie op door toetreding van zuurstof. Oxidatie is zichtbaar aan talrijke roestige vlekken tot zelfs een sterk roestige verkleuring.

Na het Saalien ontstaan in het reeds bestaande reliëf op de keileemplateaus afwateringssystemen van hemelwater. Omdat het verval sterk is, snijden deze systemen in de nabijheid van de voormalige smeltwatergeulen diep in de ondergrond en vormen zich spitsdalen van soms meer dan 20 m diepte (zie Figuur 2 en Kaart 4). Uit dit beeld kan worden opgemaakt dat met name de bovenloop van de Boven Slinge veel kwelwater opneemt uit de doorlatende mesozoïsche ondergrond, gevoed vanuit het hoger gelegen gebied in Duitsland. De benedenlopen van deze afwateringssystemen voegen zich bij de smeltwatergeulen, ter hoogte van de dan heersende waterstand aan het einde van het Eemien, dus rond 8 m + NAP. Nergens is aangetoond dat er bekkenafzettingen van het Eemien in de diepe beekdalen aanwezig zijn; dit blijft beperkt tot de voormalige smeltwatergeulen.

Gedurende het Weichselien vullen de smeltwatergeulen en de diepe beekdalen die daarop afwateren zich geleidelijk verder op. We zien in het Weichselien de vorming van een sterk wisselend complex van afzettingen die in hoofdzaak een fluviatiel karakter hebben. De afzettingreeks vangt aan met de vorming van grove fluvio-periglaciale afzettingen (smeltwaterzanden). Dat gaat met het nodige geweld gepaard, want in Corle en Miste wordt de bekkenklei uit het Eemien plaatselijk geheel doorsneden waardoor contact ontstaat met de dieper gelegen smeltwaterzanden uit het jongere Saalien. De grove afzetting aan de basis van het Weichselien blijft niet beperkt tot de voormalige smeltwaterdalen, maar wordt ook aangetroffen in de diepe delen van de hierop uitmondende beekdalen.

Omdat de bekkens verder dichtsedimenteren komt de grondwaterstand geleidelijk omhoog. Nadat de hiervoor genoemde grove periglaciale afzetting is ontstaan komt er weer enige rust in het bekken en ontstaat een pakket van fijnere zanden, afgewisseld met zoetwaterklei en soms veen, wat wijst op een iets warmer klimaat en het ontstaan van afzettingen direct onder of boven de heersende grondwaterstand in de bekkens, rond 15 m + NAP, in de beekdalen rond 25 m + NAP. De beken slingeren door deze moerasachtige gebieden in de dalen en laten beddingen met grof materiaal achter.

Na deze relatief rustige periode ontstaat wederom een grof pakket als gevolg van toegenomen waterafvoer, dit keer met een bijzonder karakter. Plotseling beginnen de beken, met name de Boven Slinge, mesozoïsch gesteentegruis aan te voeren, voornamelijk uit Duitsland, waar krijtafzettingen ten prooi vallen aan erosie. Het is een afgebakende zone van ca. 5 meter dikte, met lagen grof zand met grind,

waaronder uitgespoelde noordelijke zwerfstenen, veel brokjes krijtgesteente, maar ook bijvoorbeeld grind uit de Kuhfeld-Schichten. In het dal van de Boven Slinge in Kotten en bij Oeding ligt deze afzetting aan de basis van de dalopvulling op een hoogte van 35 tot 40 m + NAP en bestaat uit twee fasen, gescheiden door een klei- of veenlaag (zie Figuur 4). In de benedenloop bij Miste komt deze markante afzetting bovenin de opvulling van de voormalige smeltwatergeul terecht, tussen 20 en 25 m + NAP (zie Figuur 5). Dat betekent dat de opvulling bij Oeding tot het jongere Weichselien behoort. Ook in de dalopvulling ten noordwesten van het onderzoeksgebied in Huppel komt deze karakteristieke zone met verspoelde kalkbrokjes voor, dus het is geen lokaal verschijnsel. De gehele ontwikkeling gedurende het Weichselien toont een beeld van voortdurend wisselende (klimaat-) omstandigheden en er komt een beeld naar voren van het voortdurend veranderende landschap. Gedurende het dichtsedimenteren van de dalsystemen komen ook de grondwaterstanden steeds verder omhoog. Af en toe worden zoetwaterkleien afgezet en veen gevormd en doorsnijden beekbeddingen de reeds afgezette lagen, maar sommige delen vallen langdurig droog en hier vormen zich roestige bodemlagen op het niveau van de gemiddelde grondwaterstand. In het gehele dal van de Boven Slinge en ook in de smeltwatergeul worden deze roestige bodemlagen in boringen op zeer verschillende diepten teruggevonden (Figuren 2-5). Naar boven toe wordt in de boorprofielen de fluviatiele invloed steeds minder en parallel aan de beeklopen, die in het breder wordende dal steeds meer ruimte krijgen om te meanderen, ontstaan duinen van Jong Dekzand. De dalsystemen buiten de voormalige smeltwatergeul zijn dan nog herkenbaar in het landschap. De keileemplateaus zijn op dat moment nog steeds als wat hogere droge heuvels in het onderzoeksgebied zichtbaar. Gedurende het oudere Weichselien heeft zich hier plaatselijk Oud Dekzand afgezet. Ook zijn daar nog plaatselijk de fluvioglaciale zanden uit het Saalien aanwezig. Als op deze hoogten Jong Dekzand wordt afgezet is er in de voorafgaande 70000 jaar weinig gebeurd. Van het plantaardig leven gedurende het Weichselien is niets bekend, de aangetroffen veenlagen zijn daarop niet onderzocht. Van het dierlijk leven kennen we een vrij rijke fauna van land- en zoetwatermollusken uit boring 41E.4-408 (Figuur 3; Jonges, 1969). Ook zijn er de klassieke grote zoogdieren bekend, onder meer uit de zandwinning 't Hilgelo. De Mammoet is daaronder vrij algemeen (collecties Museum Freriks te Winterswijk en NNM Naturalis te Leiden).

C - Jong Dekzand en enkeerdgronden, stagnerende afwatering/Young Coversand and 'enkeerdgronden', stagnant soil drainage

Tegen het einde van het Pleistoceen vormen zich in het wat koudere en drogere landschap duinen van Jong Dekzand. Ook in het Holoceen is nog sprake van vorming van stuifzandafzettingen, soms gescheiden door een humuslaag van

het Jong Dekzand. Op de hoge gebieden van het plateau beperken zich deze afzettingen van het Jong Dekzand tot hooguit enkele meters dikte, maar in de oudere beekdalen, die voor de wind in de luwte liggen, vormen zich groot-schalige duinencomplexen, die in talrijke boringen werden teruggevonden. Deze duinen van Jong Dekzand bereiken hoogten van soms 10 meter en vullen daarmee het dalsys-teem volledig op of stijgen daar enkele meters bovenuit (bijvoorbeeld langs de Rotweg in Ratum (van den Bosch, 1992-1993, afl. 22 april 1992).

De duinencomplexen van Jong Dekzand zijn niet in één keer ontstaan, regelmatig zijn in boringen op grotere diepte (tot 6 à 8 meter) roestige lagen aangetroffen. Zij vertegenwoordigen vroegere grondwaterstanden. De zanden zijn meest matig fijn, soms in lagen tot matig grof, grind ontbreekt, de geelachtige kleur is karakteristiek. De onderliggende of parallel ontwikkelde beekafzettingen uit het Weichselien zijn veelal helder grijs van kleur, gelaagd met grind, bevatten nogal eens grove plantenresten en er komen klei- en veenlenzen in voor (Figuren 2-5).

De duinencomplexen van Jong Dekzand zijn in alle grote dalsystemen aangetroffen; in het dal van Ratum-Henxel, Vossevelsbeek, Kottense- of Osinkbeek, Boven Slinge en Stortelersbeek. Op diverse plaatsen stijgt de hoogte van de duinen boven de omgeving uit. De grootste complexen enkeerdgronden zijn er op ontstaan (zie Kaart 3 en verge-lijk deze met Kaart 2 en Kaart 4). Het reliëf heeft zich als gevolg van dit proces op veel plaatsen als het ware omge-keerd.

Door deze duinencomplexen van Jong Dekzand raakten de beken verstopt en moesten zich verleggen, om de duinencomplexen heen. Ook zullen gebieden min of meer perma-nent met wateroverlast te maken hebben gekregen. Boven-dien raken de jong-pleistocene dalsystemen steeds voller met sediment, waardoor de beeklopen zich geleidelijk ophogen tot het huidige niveau. Van een sterk reliëf, zoals dat aanwezig was na het smelten van het landijs, is nu geen sprake meer. Met het dichtsedimenteren van de dalsyste-men stijgen ook de grondwaterstanden en gedurende het Holoceen ontstaat geleidelijk een vernetting van de pla-teaus. In het jong Holoceen ontstaan op permanent natte plaatsen moerige gronden (Wooldse Veen, Kottense Veen, Blekkinkveen en enkele zeer lokale plaatsen, zie Kaart 3) en fijnkorrelige afzettingen op plaatsen die regelmatig onderlopen. De dunne en ondiep gelegen sedimenten liggen vaak op dekzand of fluvioperiglaciale afzettingen. Zij vertegenwoordigen niet specifiek oude beeklopen (zie Kaart 3, 'overige holocene afzettingen'). De oude beken zoeken een andere weg, al of niet geholpen door menselijk ingrijpen in de Oudheid tot de Middeleeuwen of zelfs nog in de recente tijd (zie hieronder).

Het van oorsprong jong-pleistocene afwateringsstelsel raakt in de laatste duizenden jaren van zijn geschiedenis ontkop-peld van het oorspronkelijke reliëf. Huidige beeklopen steken zelfs de oude diepe smeltwaterdalen haaks over, zoals de Groenlosche Slinge en volgen veelal het breuken-patroon in de diepere ondergrond. Invloeden van een

geringe nawerking van de tektonische structuren? Alleen de Aaltense Slinge blijft het smeltwaterdal stroomafwaarts volgen (van den Bosch, 1992-1993, afl. 6 april 1993). De beek kan hier vrijelijk meanderen in de brede smeltwater-geul en laat gedurende het Holoceen hier en daar grove sedimenten achter, die nu op het Jong Dekzand liggen (zie Figuur 5). Buiten de beken werd in de natte vlakten klei-achtig materiaal afgezet.

Restanten van belangrijke (oer)bossen werden tijdens het onderzoek niet aangetroffen, geen wortelbedden, geen bosgrondafzettingen. Voorzover boomwortels werden gevonden hebben deze een recent karakter, d.w.z. aanplant van bospercelen in de laatste eeuwen.

Het huidige landschap/The present-day landscape

A - Doorschermen van de diepere ondergrond/*The deeper subsoil showing through*

In het herinrichtingsgebied Winterswijk-Oost schommelt de maaiveldshoogte tussen ca. 32 en ruim 50 m + NAP (zie Kaart 2). Binnen deze marge is een kleinschalig geacci-denteerd terrein aanwezig, waarin vooral het dal van de Aaltense- en Boven Slinge en de Stortelersbeek zichtbaar zijn.

In kleiner verband is ook de Kottense Beek (Osinkbeek) zichtbaar en een laagte waarin de Dambeek gelegen is. De Vennevertlose Beek, Ratumse Beek en Willinkbeek zijn in de hoogtekaart slecht herkenbaar, de Vossevelsbeek alleen aan de westzijde.

Op de hoogtekaart zijn vooral ook de dekzandkoppen zichtbaar, maar niet alle daarop gelijkende hoogten zijn dekzandkoppen, er zitten ook gebiedjes tussen met ondiep keileem of Tertiair-Mesozoïcum. Het hoge plateau van 't Woold en het zuidelijk deel van Kotten is goed herkenbaar. Hier liggen over het algemeen de tertiaire afzettingen van het Oligoceen (Afzetting van Woold en Afzetting van Kotten) dicht aan de oppervlakte. De harde klei is goed bestand tegen erosie.

Als wordt gekeken naar de geologische opbouw dan valt op dat veel details in het terreinreliëf rechtstreeks te herleiden zijn tot structuren in de diepere ondergrond. Deze struc-turen zijn veelal door erosie als het ware uitgerepareerd en daardoor zichtbaar geworden, maar ook is soms sprake van directe gevolgen van tektonische activiteit of combinaties ervan (zie Figuur 6).

Op Kaart 1 is behalve het grootschalige reliëf van de bovenkant Tertiair-Mesozoïcum ook de tektonische struc-tuur aangegeven. Deze structuur is echter nog niet bijge-werkt met de kennis uit het bodemgeografisch onderzoek Winterswijk-Oost. Deze tekst loopt daarop vooruit.

Als men Kaart 1 en Kaart 2 vergelijkt dan valt op dat de strekkingsrichting van de vormen van het terreinreliëf overeenkomen met de strekking van de tektonische struc-tuur. Het is geen toeval, het verband is er wel degelijk.

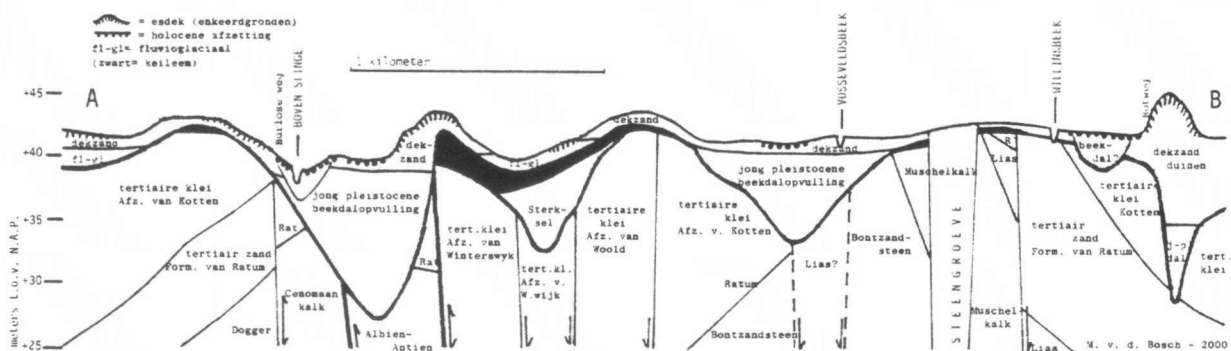
Een goed voorbeeld is de Boven Slinge, die heel duidelijk is gebonden aan het gebied met de doorlatende Krijtafzettingen in Kotten, waaruit vooral in het verleden kwelwater kwam, dat de erosie heeft versneld. De noordrand van dit gebied wordt begrensd door de opschuivingsbreuk Oeding-Winterswijk en bestaat uit ondoorlatende mesozoïsche en tertiaire klei, de zuidrand wordt begrensd door breuken waarachter ondoorlatende tertiaire klei aanwezig is. Erosie heeft de tektonische structuur uitgerepareerd, soms zeer nauwkeurig, zoals aan de zuidzijde van de Burlose weg in Kotten. De hoge rand in het terrein langs de weg vertegenwoordigt een breuk (zie de geologische overzichtskaart in Herngreen *et al.*, 2000).

Zo zijn er talrijke voorbeelden, die gedeeltelijk al eerder zijn beschreven in de serie 'de Winterswijkse Puzzel' (van den Bosch, 1992-1993). Ook het jong-pleistocene beekdal in Ratum en Henxel is ontstaan op een tektonische structuur, een dalingsgebied als gevolg van rektektoniek. De terreinwelling aan het einde van de Veldboomweg in Ratum, nabij de Dwarsweg, heeft eveneens een tektonische oorzaak.

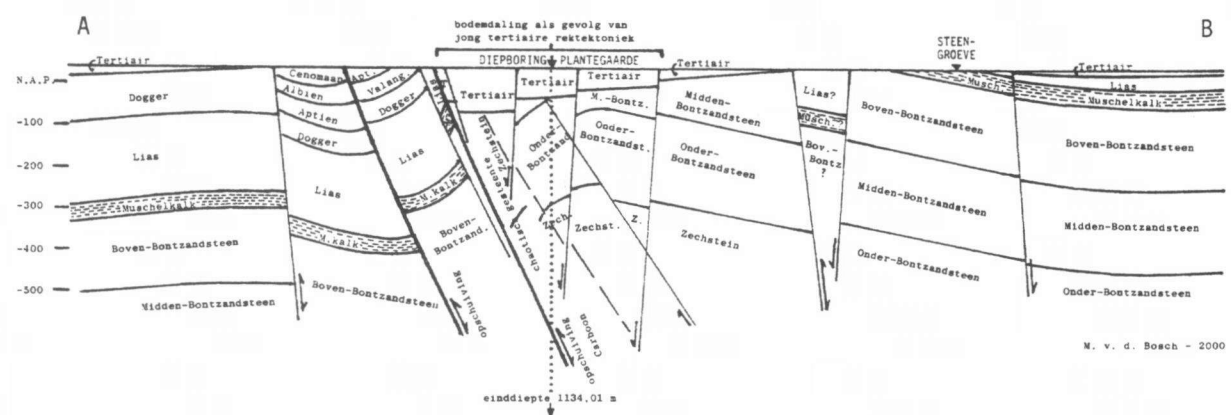
Hoewel eerder aan de aandacht ontsnapt, is zeer opvallend de laagte waarin de Dambeek gelegen is. Direct ten noorden hiervan is een oost-west verlopende hoge rand in het terrein zichtbaar, over enkele kilometers lengte. Dit is een breuk als gevolg van rektektoniek; ten zuiden van de breuk zijn jongere tertiaire afzettingen ingedaald. Wellicht is er nog sprake van een nawerking hiervan gedurende het Pleistoceen.

Ook ten noorden van de opschuivingsbreuk Oeding-Winterswijk bevinden zich laagten in het terrein die niet direct het gevolg zijn van jong-pleistocene erosie. Vooral meer naar het westen, tegen de kern Winterswijk, neemt het verschijnsel grote vormen aan.

De Boven Slinge maakt in Brinkheurne een noordelijke uitwaai over de Kottense weg naar dit gebied en heeft als het ware de neiging dit dalingsgebied in te duiken. Er komen dikke pakketten keileem in voor waaronder Sterksel aanwezig is. Wellicht betreft het hier nog bodemdaling ten gevolge van rektektoniek gedurende het Pleistoceen (zie Figuur 6).



Gedetailleerd ondiep bodemprofiel over de lijn A - B horizontale schaal 1 : 25.000



Schematisch diep bodemprofiel over de lijn A - B horizontale schaal 1 : 25.000

Het doorschermen van de diepere ondergrond in het huidige landschap
The deeper subsoil showing through in the present-day landscape

Figuur 6. Ondiep en diep dwarsprofiel (voor locatie dwarsprofiel zie Kaart 2).
Figure 6. Shallow and deep sections (see Map 2 for location of sections).



Figuur 7. Overzichtskaart met de huidige beeklopen.
Figure 7. Overview of present-day streams.

B – Beeklopen/*Streams*

In het gebied Winterswijk-Oost komt een aantal beken voor, die van belang zijn voor de huidige ontwatering van het gebied. Het betreft de Vennevertlose Beek, Ratumse Beek, Willinkbeek, Vosseveldsbeek, Bemerbeek en Osink-

beek (=Kottense Beek of Kleine Beek), Boddewiesbeek (=Wooldse Beek), Dambeek en Stortelersbeek (voor ligging zie Figuur 7).

De Vennevertlose Beek, Ratumse Beek, Willinkbeek en Vosseveldsbeek voeren hun water af naar de Groenlosche Slinge; de Kottense Beek en de Wooldse Beek voeren hun

water af naar de Boven Slinge. De Boven Slinge ontspringt in Duitsland en stroomt door het gebied Winterswijk-Oost. De Dambeek en Stortelersbeek voeren hun water af naar de Keyzersbeek die ten westen van het onderzoeksgebied is gelegen.

Hierboven werd er al op gewezen dat de huidige beeklopen ontkoppeld blijken te zijn van het oorspronkelijke jong-pleistocene afwateringssysteem. Ook werd aangegeven welke natuurlijke processen hiertoe aanleiding hebben gegeven. In de inleiding is al gezegd dat veel huidige beeklopen niet overeenkomen met een natuurlijke ontstaanswijze. Wij zullen hier nader op de problematiek ingaan als resultaat van het bodemgeografisch onderzoek (zie Kaart 3 en Kaart 4).

De **Vennevertlose Beek** stroomt in het gebied van Winterswijk-Oost door een laagte die in het Jong Pleistoceen is ontstaan uit een proces van oppervlakkige afwatering van het keileemplateau. Pas vanaf de passage van de Kossinkweg diept het oorspronkelijke dal zich uit en wordt de keileem geheel doorsneden. Het oorspronkelijke dal buigt dan in noordwestelijke richting af om uit te komen in het destijds dieper gelegen smeltwaterdal op een hoogte van zo'n 25 m + NAP.

De huidige beekloop heeft in het grotendeels dichtgesedimenteerde dal een gekanaliseerd karakter en stroomt niet meer in het oorspronkelijke ondiepe dal: gedeeltelijk ten noorden ervan, gedeeltelijk ten zuiden ervan, door gebieden met ondiep keileem. Waarschijnlijk is de huidige beek gegraven. Of er in het verleden sprake was van een natuurlijke beekloop is niet bekend. Op de topografische kaart van Krayenhoff (1810) wordt de beek niet aangegeven. Momenteel stroomt het water via de Beurzerbeek naar de Groenlosche Slinge.

In het dal van de **Ratumse Beek** zijn door Alterra ten oosten van de Ratumse weg tot de Duitse grens en ten westen van de Scholtenmaatweg tot in het gebied Dottinkraede, veel holocene beekafzettingen (beekklei) aangetroffen, hetgeen wat die gedeelten betreft wijst op een natuurlijke beek of natte laagte die ongeveer op deze plaats gelegen moet hebben. Vanaf de landsgrens stroomt de beek aanvankelijk langs een gebied met ondiepe Lias klei, die in de beekoevers te zien is. Vanaf de Ratumse weg stroomt de beek via een zeer smal beekdal door hoge enkeerdgronden en steekt een van oorsprong Jong Pleistoceen dalsysteem onder een hoek over. Dit is een onnatuurlijke situatie. Hierna doorsnijdt de beek een gebied met ondiep gelegen keileem en Lias klei, die hier en daar in de beekbedding zichtbaar is. Vanaf de Veldboomweg stroomt de Ratumse Beek door keileemgronden, aan de rand van een complex enkeerdgronden. Voorbij de Scholtemaatweg wordt een gebied met ondiep gelegen Lias klei doorsneden (de bekende ontsluiting 'Lutgen Kossink'). Ook dit is niet natuurlijk, de beek moet kunstmatig uitgediept zijn. Hier voorbij worden tot aan de Vredense weg enkeerdgronden doorsneden. Vanaf Dottinkraede volgt de beek een oor-

spronkelijk Jong Pleistoceen beekdal en passeert een gebied met ondiep gelegen Jong Tertiair en keileem op zeer korte afstand, om ter hoogte van Waliën weer in een dekzandafzetting verder te stromen.

De Ratumse Beek heeft van oorsprong waarschijnlijk ten zuiden van de rug met enkeerdgronden gelopen en kwam ten zuiden van Henxel in de huidige loop van de Willinkbeek terecht. Dus door een gebied direct ten zuiden van de Rotweg. Op de hoogtekartaal is hier ook een langgestrekte laagte te zien. Ook gedurende het Jong Pleistoceen was hier al een klein dal aanwezig (zie Kaart 4 en Figuur 6). Of er sprake was van een ingesneden beek is twijfelachtig. Het gaat om een reeks ondergelopen gronden, waarop zich plaatselijk beekklei vormde of fijn zand met zoetwaterschelpen zoals in een boring bij de Wesselerweg. Via de woonwijk Bargerbosch zal deze oorspronkelijke afwatering in de Whemerbeek terecht zijn gekomen.

Door deze gebrekkige, als het ware rudimentaire ontwatering was het gebied ten zuidoosten van Ratum waarschijnlijk vrij nat, evenals een gebied, rond de kern van Ratum. Deze situatie is ontstaan gedurende het Holoceen, nadat het dichtstuiven van de oorspronkelijke pleistocene beekloop de afwatering stagneerde (zie van den Bosch, 1992-1993, afl. 22 april 92). Door de loop van de Ratumse Beek door de rug met enkeerdgronden bij de Ratumseweg te graven en de loop langs de rand van het keileemplateau te leggen en vervolgens weer door de rug ten oosten van de Dondergoorweg te graven is een betere ontwatering verkregen van het keileemplateau ten zuidoosten van Ratum en rond de kern van Ratum.

De huidige loop van de Ratumse Beek werd al door Krayenhoff (1810) op deze plaats aangegeven, maar zal in detail nog wel anders gelopen hebben. Deze grote ingreep in de natuur is waarschijnlijk verricht na de Middeleeuwen, met gebruikmaking van twee korte reeds bestaande tracés van verschillende 'beken': bij de landsgrens en bij Dottinkraede. De talrijke meanders worden toegeschreven aan verwildering van het aanvankelijk niet rechtlijnig gegraven systeem (van de Westeringh, 1984). Een aantal van deze meanders is in de recente tijd rechtgetrokken.

De **Willinkbeek** begint bij de landsgrens in een Jong Pleistoceen beekdal, steekt dit dal nog een keer haaks over, om vervolgens vanaf de Bredelerweg tussen hoge enkeerdgronden via een waterafvoerende laagte met ondiep gelegen Muschelkalk, Lias en Tertiair tot even voorbij de Lage weg door een dekzandgebied te stromen. In vrijwel het gehele tracé vanaf de Bredelerweg tot niet ver van de Gossinkweg is Mesozoïcum en Tertiair in de beekbedding zichtbaar. Het is ook vooral dit tracé waarvan bij het ontstaan natuurlijke invloeden geen rol hebben gespeeld. Ten zuiden van Henxel stroomt de Willinkbeek tot aan 't Wieskamp via een waterafvoerende laagte uit het Jong Pleistoceen, maar tussen enkeerdgronden door. Vanaf 't Wieskamp stroomt de Willinkbeek weer door dekzand tot in 't Waliën, om zich daar samen te voegen met de Ratumse Beek.

Omdat de oorspronkelijke afwatering via het lage gebied

ten zuiden van de Rotweg in Ratum door menselijk ingrijpen werd afgeleid via het nieuw gegraven tracé van de Ratumse Beek, is de Willinkbeek gebruikt als alternatief afwateringstracé en daarom ook door de hoge rug met enkeerdgronden ten westen van Henxel gegraven. Om het gebied ten oosten van de Bekingweg (daar is een relatieve laagte zonder natuurlijke afvoer, zie hoogtekartaart) te kunnen ontwateren is de Willinkbeek door een hoge rug met enkeerdgronden (ten noorden van de Bredelerweg) gegraven om het water ten noorden van de huidige Steengroeven richting Henxel af te voeren.

Evenals de Ratumse Beek blijkt ook de Willinkbeek geheel gegraven te zijn, in de richting van 't Wieskamp en 't Waliën wellicht met gebruikmaking van restanten van een bestaand afwateringssysteem. Ook hier worden de meanders toegeschreven aan verwildering na de aanleg, die waarschijnlijk evenals de Ratumse Beek na de Middeleeuwen plaatsvond. De insnijdingen zijn vaak onnatuurlijk diep en smal (minder dan 25 m) met veel steilranden langs de bedding. Overtuigende natuurlijke beekafzettingen komen langs de Willinkbeek niet voor.

Behalve het meanderen van de Ratumse Beek en de Willinkbeek zal het grillige verloop van deze beken ongetwijfeld ook tot stand zijn gekomen door voormalige eigendomsgrenzen en natuurlijke barrières. Oude, natuurlijke afgesneden meanders zijn in deze beken weinig waargenomen.

Krayenhoff (1810) liet de Willinkbeek op zijn kaart ontspringen even ten zuiden van de Bredelerweg, nog binnen Nederland. De verlenging naar het zuiden en daarna naar het oosten langs de landsgrens is aanleg uit de recente tijd en heeft te maken met verbetering van de afwatering in het aangrenzende Duitse gebied.

Af en toe worden in de beekbeddingen jonge beekafzettingen gevonden, zoals beekklei, die het gevolg zijn van het (ver)graven van de huidige loop, omdat na het graven de bodem instabiel is en daardoor veel sediment verplaatst wordt.

Het bestaan van het dal van de **Vosseveldsbeek** was tot voor kort onbekend. Het werd gevonden bij het routinematig uitvoeren van aanvullende spuitboringen t.b.v. het bodemgeografisch onderzoek van Alterra in Winterswijk-Oost. Daarop werd het dalsysteem verder uitgekarteerd. Het dalsysteem begint ergens in Duitsland en passeert de landsgrens op de plaats waar de Willinkbeek begint. Het 8 à 9 m diepe dal strekt zich vanaf hier naar het westen uit, loopt direct ten zuiden van de Steengroeven en passeert de Bataafseweg net iets ten noorden van de Kottenseweg. Daarna buigt het naar het zuiden af en diept zich verder uit, tot meer dan 12 meter, voordat het systeem in het dal van de Boven Slinge terecht komt. Het vinden van deze aansluiting was door de slechte toegankelijkheid van het terrein in de winterperiode niet eenvoudig (zeer nat).

Aan het einde van het Pleistoceen, begin van het Holoceen, ontstaat een aftakking van het dalsysteem, slechts 5 à 6 m diep, in de richting van de kern van Winterswijk (zie Kaart 4). Of dan de aansluiting op het dal van de Boven Slinge

geblokkeerd raakt is niet duidelijk. Op deze plaats begint de Whemerbeek, die zich voorbij Winterswijk voortzet als Groenlosche Slinge.

De Vosseveldsbeek ontspringt in de recente tijd ten oosten van de Bataafseweg, niet ver van de Vosseveldsweg. Zo althans staat de loop aangegeven door Krayenhoff (1810). Het is aan te nemen dat ook nog oostelijk hiervan zoiets als een beek op het Vosseveld heeft bestaan. Door ontginning van het gebied in de eerste helft van de 20ste eeuw is de gehele oorspronkelijke loop van de Vosseveldsbeek verloren gegaan. De huidige loop is een gegraven sloot, die wel binnen het oorspronkelijke dalsysteem is gelegen, maar niet meer correspondeert met de beekloop uit vroeger eeuwen. De beekloop begint in het gebied ten zuiden van de Steengroeven en dient als afwatering van het gebied rond het Vosseveld en de Steengroeven.

Het gebied direct ten zuidoosten van Winterswijk, waar het jong-pleistocene dalsysteem van de Vosseveldsbeek op de Boven Slinge aansluit en de Whemerbeek zich hiervan afsplitst is bekend om de steeds terugkerende wateroverlast. Het dalsysteem van de Vosseveldsbeek voert hier aanzienlijke hoeveelheden grondwater aan, door de grove pakketten van de dalopvulling, die onvoldoende weg kunnen in het dal van de Whemerbeek omdat deze veel minder diep is en minder grof zand bevat. Afvoer van water naar het dal van de Boven Slinge is vrijwel geblokkeerd door de hoge waterstand in de Boven Slinge als gevolg van de stuw bij de Plekenpolsmolen.

Het dal van de Vosseveldsbeek behoorde tot in het Holoceen tot het stroomgebied van de Boven Slinge. Thans behoort het tot het stroomgebied van de Groenlosche Slinge. De waterscheiding heeft zich dus gedurende het Holoceen aanzienlijk verplaatst. Evenals de eerder besproken dalsystemen is ook deze met Dekzand dichtgestoven en stagneerde de afwatering waardoor natte plekken ontstonden, waarin tijdens het Holoceen fijnzandige of kleiachtige afzettingen werden gevormd.

Tijdens het karteren van de loop van de Vosseveldsbeek is vastgesteld dat ten zuiden van de Steengroeven in een oost-west verlopende strook geen Bontzandsteen aanwezig is, maar Tertiair (Afzetting van Kotten, Afzetting van Ratum en wellicht ook Lias). Dat zou betekenen dat het dalsysteem is ontstaan in een tektonische slenk, evenals het dalsysteem in Ratum-Henxel. Dit nieuwe en onverwachte gegeven zal nader worden onderzocht (zie Figuur 6).

Het systeem van de **Boven Slinge** is het belangrijkste beekdal in de omgeving van Winterswijk-Oost. De beek heeft zijn ontstaan te danken aan uittreidend kwelwater uit de mesozoïsche ondergrond (zie hierboven). De toevloed van kwelwater moet gedurende het Jong Pleistoceen aanzienlijk geweest zijn, maar zal vooral gedurende het Holoceen stap voor stap minder zijn geworden, toen het reliëf in het gebied geleidelijk werd opgevuld en het verval afnam. Momenteel wordt de beek hoofdzakelijk gevoed door regenwater, waardoor piekafvoeren ontstaan. Toch vertonen de tijdstijghoogtelijnen van het diepere grondwater nog steeds een afbuiging ter plaatse van het dal van de Boven

Slinge, hetgeen wijst op uittreden van kwelwater uit de diepere ondergrond (van den Bosch, 1995).

Het dalsysteem zoals het bestond in het Jong Pleistoceen, een vrij diep ingesneden spitsdal, is overtuigend teruggevonden (zie Kaart 4). De huidige loop correspondeert hiermee maar ten dele. Mogelijk bestond het dal van de Boven Slinge en de Aaltense Slinge al vóór het Saalien. De contouren van het dal strekken zich uit tot onder de keileem in de omgeving. Aan de westzijde van het dal, ter hoogte van de Berenschotmolen wordt zelfs nog diepgelegen keileem tegen de oever aangetroffen, maar afzettingen ouder dan het Saalien zijn niet gevonden.

Op een aantal plaatsen zijn boringen in de jong-pleistocene dalopvulling gemaakt (zie Figuur 2-5). De basis van de opvulling is meestal grof met grind (waaronder noordelijke zwerfstenen) en veel brokken verspoeld Krijtgesteente. Dit laatste komt ook wel in hogere niveaus voor en is afkomstig uit Duitsland, maar komt ook gedeeltelijk uit de ondergrond van Kotten. Deze witte tot lichtgeel geoxideerde kalkbrokjes worden tot in Miste, niet ver van Bredevoort in de afzettingen van de Boven Slinge aangetroffen. Hoog in het profiel werden nogal eens klei- en veenlenzen gevonden, vooral in poeltjes of afgesloten oude meanders (zie Figuur 3).

Vanaf Duitsland tot in Brinkheurne, bij de Huitinkbrug, is het dal van de Boven Slinge gelegen op een ondergrond van mesozoïsch gesteente (Kuhfeld Schichten, Cenomanienkalk, -beide watervoerende afzettingen-, alsmede Dogger en Albien/Aptien, meest kleien). Daarna wordt nog enige afstand door en langs Tertiair afgelegd (zand) om daarna definitief op een ondoorlatende ondergrond van tertiaire klei terecht te komen.

De Kottense Beek (Bemerbeek, Osinkbeek of Kleine Beek) is een belangrijke zijtak van de Boven Slinge en ontspringt in het grensgebied ten noorden van het Kottense Veen, in een gebied met Tertiair (zand) in de ondergrond en belangrijke pakketten van de Formatie van Sterksel die ten oosten van de beek onder de keileem liggen. Meer naar het noorden stroomt de beek over Krijtafzettingen, zodat over de gehele lengte kwelwater uit de ondergrond wordt opgepakt. Het tracé is door de hoge enkeerdgronden gegraven.

De huidige loop van de Boven Slinge en de Kottense Beek komt niet overeen met het dalsysteem zoals dat in het Jong Pleistoceen bestond (zie Kaart 4). Ter plaatse van de Burloseweg-Esinkweg zijn aan het einde van het Pleistoceen en het begin van het Holoceen in het dal, dat hier meer dan 10 m diep was, grote duincomplexen ontstaan die de doorstroming volledig blokkeerden. Ook waar thans de Kottenseweg is gelegen ontstonden dergelijke duinen, dit blijken rivierduinen te zijn. De indruk bestaat dat de Boven Slinge aan het eind van het Pleistoceen nog enige tijd door het gebied ten zuidwesten van de Kottenseweg geslingerd heeft, waar de huidige Kottense Beek is gelegen.

Op een gegeven moment is het oorspronkelijke dal zover dichtgestoven, dat een omleiding ontstaat via het huidige tracé ten noorden van de Kottenseweg. De Boven Slinge

volgt hier nu een natuurlijke laagte, zie de contouren top Tertiair-Mesozoïcum onder de keileem op Kaart 4. Deze laagte bevindt zich op de grens van grove zanden van de Kuhfeld Schichten (waaruit kwelwater komt) en klei van het Aptien in de ondergrond, beide afzettingen uit het Krijt (zie overzichtskaart in Herngreen *et al.*, 2000). Het huidige beekdal is hier echter smal en ter weerszijden liggen enkeerdgronden tot dicht aan de beek. De mens kan bij het ontstaan van deze beekloop geholpen hebben, maar het kan ook zijn dat het toch een natuurlijk proces is geweest. Tot aan de Aalbrinkbrug verbreedt het dal zich en komen er ook holocene afzettingen in voor. Het tracé kan door de enkeerdgronden gegraven zijn om een aansluiting te krijgen op een hier bestaande kwelbeek die met het westelijk gelegen dal van de Boven Slinge in verbinding stond.

De tegenwoordige loop van Boven Slinge waar deze bij Oeding het land binnenkomt is enkele meters lager gelegen dan de jong-pleistocene Slingeafzetting in boring 41F.3-188! (zie Figuur 4).

De huidige loop van de Boven Slinge is vanaf even voorbij de Aalbrinkbrug tot verder stroomafwaarts in 't Woold op meerdere plaatsen gekanaliseerd. Bij deze werken in de jaren dertig van de twintigste eeuw is de loop niet altijd in het oorspronkelijke dal blijven liggen. Aan de Burloseweg bij de Sieverdinkweg wordt een gebied met ondiep Tertiair raketings gepasseerd; in Brinkheurne, voorbij de Stemerdinkweg tot aan de Huitinkbrug wordt op een aantal plaatsen Tertiair doorsneden als gevolg van kanalisatie (van den Bosch, 1970).

Nabij de Plekenpolsmolen stroomt de beek enkele honderden meters ten noordwesten van het oorspronkelijke tracé, maar er is geen aanwijzing dat dit een onnatuurlijke situatie is. Tertiaire klei is hier op 4 meter diepte aanwezig, zodat samen met het gegeven dat hier de beek wordt opgestuwd het grondwater de neiging zal hebben het oorspronkelijke brede jong-pleistocene dal te volgen en hier kwelwater aan te leveren. Totdat de Boven Slinge het gebied van Winterswijk-Oost verlaat worden vrij natte gronden aangetroffen in de lage delen van dit brede dal (Grondwatertrap IIa, IIIa en IIIb; Kleijer & ten Cate, 1998; Grondwatertrappenkaart). Op Kaart 3 is te zien dat in dit gebied nogal wat holocene afzettingen aanwezig zijn, die in natte omstandigheden zijn afgezet. Het is niet uitgesloten dat hier, langs de noordwestrand van het keileem- en tertiaire gebied van 't Woold, nog een oude (holocene) beekloop aanwezig is. Dit is verder niet onderzocht.

Ten westen van het Buskerbos, nabij de aansluiting van het jong-pleistocene dal van de Vosseveldsbeek bevinden zich nog enkele afgesloten meanders van de Boven Slinge. Hoewel het maaiveld in het gehele gebied van het knooppunt van de dalsystemen op gelijke hoogte ligt, zijn er geen serieuze aanwijzingen dat de Boven Slinge de neiging heeft (gehad) door te breken naar de Whemerbeek-Groenlosche Slinge. Wel werden in dit gebied op uitgebreide schaal ondiepe holocene afzettingen aangetroffen die in een nat milieu zijn afgezet. Het tracé zal hier een wat zwerfend bestaan hebben gekend.

Overstromingen van Winterswijk werden niet alleen ver-

oorzaakt door water uit de Boven Slinge, ook het gehele Vossenveld en omgeving waterde via een Jong Pleistoceen dal op dit gebied af (zie Kaart 4). Wateroverlast ten zuidoosten van Winterswijk heeft al bestaan voordat de stuw bij Plekenpol het verschijnsel nog kritischer maakte. De holocene afzettingen zijn ouder dan de stuw.

De Wooldse Beek (Boddewiesbeek) begint in het bosgebied 't Rot ten oosten van de kern van 't Woold en stroomt via een van oorsprong Jong Pleistoceen beekdal tussen enkeerdgronden door naar de Boven Slinge in Bekendelle. Dit oude beekdal is niet lang, maar daarentegen wel relatief diep ingesneden in de onderliggende tertiaire klei. Stroomafwaarts diept het dal zich uit tot meer dan 9 meter onder het huidige maaiveld. Het verval van de bodem van dit dal vanaf het plateau is sterk, bij de oorsprong ca. 42,50 m + NAP, in Bekendelle is het dal uitgesleten tot zo'n 25 m + NAP.

Ten oosten van de Holhuisweg is de huidige beek gelegen in een gebied met ondiep keileem en tertiaire klei en correspondeert hier niet meer met de ligging van het oorspronkelijke dal. Meer westwaarts stroomt de beek tussen enkeerdgronden door en komt dan terecht in een gebied met dunne holocene afzettingen die gevormd zijn in een nat milieu. De huidige bovenloop van de Wooldse Beek is een gegraven tracé.

De beek is uitsluitend afhankelijk van regenwater en voeding door vertraagd afgegeven ondiep grondwater, o.a. uit de Formatie van Sterksel, die hier lokaal onder de keileem aanwezig is. Krayenhoff (1810) vermeldde deze beek niet op zijn topografische kaart.

De Stortelersbeek is gelegen in een wijd Jong Pleistoceen dal, dat van zuidoost naar noordwest loopt, vrijwel in het verlengde van het dal van de Boven Slinge. In noordoostelijke richting verdiept het dal zich van ca. 28 m + NAP bij de Blekkinkhofweg tot ca. 22,5 m + NAP bij de Hellekampsweg. Het dal heeft een verlenging in Duitsland, waar het zich in tegenovergestelde richting vrij sterk uitdiept naar het zuidwesten (gegevens boorarchief Geologisch Veldlaboratorium). Opmerkelijk is het grote gebied met diep gelegen (tot meer dan 10 m) keileem tegen de westoever van het dal, wat wijst op een eerder dal, ouder dan het Saalien, op deze plaats. Ook noordelijker, in het dal van de Boven Slinge, komt een dergelijke situatie voor (zie Kaart 4). Onder deze keileem komt lokaal grof zand voor, behorende tot de Formatie van Sterksel.

Krayenhoff (1810) gaf het begin van de Stortelersbeek aan vanaf een gebied ruim ten noorden van het Blekkinkveen en liet op zijn kaart een beek ontspringen ten zuidoosten van dit veen, de 'Landgraben', die het dal in zuidwestelijke richting in Duitsland volgt. Het Blekkinkveen ligt gedurende het Holoceen op de waterscheiding van deze twee systemen. De Stortelersbeek ligt nog in het oorspronkelijke tracé met holocene beekafzettingen, maar is kunstmatig uitgediept en verlengd in de richting van het veen, door een dekzandgebied. De beek is gedeeltelijk gekanaliseerd. Stroomafwaarts, buiten het onderzoeksgebied Winterswijk-

Oost, gaat de beek over in de Stuwbeek en vervolgens in de Keyzersbeek, die pas ten zuiden van Bredevoort in de Aaltense Slinge uitkomt. Dit lijkt een onlogische situatie, maar wordt op de kaart van Krayenhoff (1810) al op deze manier aangegeven. In hoeverre de ligging van de Stortelersbeek-Keyzersbeek en de Aaltense Slinge in dit gebied natuurlijk is, werd door ons niet onderzocht.

De Dambeek stroomt door een tektonische laagte vanuit het oostelijk deel van 't Woold en vormt vanaf de Holdersweg-Wooldseweg de landsgrens. Het gehele tracé is gelegen in keileem, periglaciale afzettingen en dekzand, pas vanaf de Slagboomweg is er een klein Jong Pleistoceen dal aanwezig, iets ten noorden van de huidige Dambeek. De keileem is hierin doorsneden. Dit dal verdiept zich vanaf de landsgrens naar Duitsland toe, om uit te komen in het dal dat in het verlengde van de Stortelersbeek is gelegen (zie hierboven). Op de kaart van Krayenhoff (1810) begint ook hier een beek, bekend als 'Landgraben'. Eigenlijk is dit de beek die oorspronkelijk ontstaat in het verlengde van het dal van de Dambeek. De huidige Dambeek is in Nederland een gegraven afwatering ter ontlasting van de tektonische laagte in 't Woold, die te nat was. De geologische/bodemgeografische oppervlaktekaart (Kaart 3) toont geen natuurlijke ontwikkeling van de beek in dit gebied, pas bij de landsgrens ontstaat een oud natuurlijk beekdal, waarin, zoals eerder gezegd, pas in Duitsland een natuurlijke beek begint die thans is gekanaliseerd. De Dambeek verlaat bij de landsgrens het oorspronkelijke dal en stroomt verder westwaarts als aangelegde afwateringssloot en blijft binnen Nederland.

C - Prehistorische bewoning, enkeerdgronden en oude boerderijen/Prehistoric traces, 'enkeerdgronden' and ancient farmhouses

Sporen van prehistorische menselijke activiteit op het Oost-Nederlands Plateau zijn er al vermoedelijk sinds het Eemien en/of het vroeg Weichselien. Het gaat om verspreide vondsten van vuurstenen artefacten, zo'n 130.000-80.000 jaar geleden achtergelaten door jagende/verzamelende Neanderthalers. Ook uit jongere perioden, vanaf ca. 11.000-8.800 jaar geleden en jonger, tot in de late IJzertijd zijn vondsten bekend (zie Scholte Lubberink, 1998).

In de perioden dat deze mensen het Winterswijkse gebied bezochten waren belangrijke elementen van het terreinreliëf nog aanwezig. Vooral gedurende de vroege periode was sprake van een sterk reliëf, met diep ingesneden spitsdalen. Het ligt voor de hand dat deze mensen de diepe beekinsnijdingen bezocht hebben; het waren beschutte plaatsen voor mens en dier en er was drinkwater. Eventuele artefacten uit die tijd liggen dus nu op grote diepte onder het maaiveld, onder de meters dikke dekzandduinen en fluviale afzettingen. Onderzoekers hebben daar geen zicht op.

Gedurende de jongere perioden waaruit menselijke voorwerpen worden gevonden, vanaf ca. 11000 jaar geleden tot

in de IJzertijd, verandert het landschap geleidelijk. De diepste delen van de dalsystemen zijn dan opgevuld met fluvio-periglaciaire afzettingen, smeltwaterafzettingen uit het Weichselien. De grote duinencomplexen van dekzand zijn in het begin van deze periode nog in ontwikkeling. De jong-pleistocene beeklopen zijn nog niet geheel opgevuld met sediment, zodat nog restanten van het oudere reliëf in het terrein zichtbaar geweest moeten zijn. Het is pas gedurende het verdere verloop van het Holoceen, in de Bronstijd en IJzertijd, dat de dalsystemen zover zijn dicht gesedimenteerd dat de waterafvoer stagneert en vernatting van de plateaus op gaat treden. Vanaf dat tijdstip zal menselijke bewoning zich meer en meer gaan terugtrekken op de hooggelegen terreindelen, zoals dekzandhoogten, en als gevolg daarvan zullen vondsten van menselijke activiteit dan ook algemener zijn: ze zijn dicht bij de huidige oppervlakte bewaard gebleven.

Enkeerdgronden (esgronden) zijn door menselijk handelen ontstaan op bestaande hoogten in het terrein, die voor landbouw geschikt waren. Dat zijn veelal dekzandkoppen of -ruggen, maar soms ook wordt een enkeerdgrond gevonden op hooggelegen keileem, al of niet met een dun laagje dekzand er nog tussen.

Enkeerdgronden zijn ontstaan vanaf de late Middeleeuwen (Scholte Lubberink, 1998) als gevolg van het opbrengen van mest uit de potstal, een oud systeem waarbij op de boerderij een mengsel ontstaat van dierlijke mest en in de nabijheid gestoken plaggen, die ook zand bevatten (zie de Bakker & Schelling, 1989).

Op Kaart 3 zijn de belangrijke complexen van enkeerdgronden zichtbaar. Opvallend is dat de meeste en grootste complexen van enkeerdgronden gelegen zijn op de jong-pleistocene dalsystemen. Het zijn ook inderdaad deze plaatsen, in het verleden de laagten, waarin grote complexen dekzand zijn ontstaan. Deze complexen dekzand bestaan uit mineralogisch rijk materiaal. In deze complexen komen onder esdekken moderpodzolen voor, voornamelijk in de jong-pleistocene dalen Ratum-Henxel en ten noordoosten van Kotten. Deze gronden waren van nature al rijk en goed geschikt voor bouwland, na verloop van tijd hadden deze gronden bemesting nodig en is mest opgebracht uit de potstal en zijn uiteindelijk de enkeerdgronden ontstaan. Deze duintoppen met enkeerdgronden liggen hier en daar tot 4 meter boven de omgeving (zie Figuur 6). Duidelijk zijn de parabool-structuren zichtbaar in de oppervlakte van de enkeerdgronden, zoals in het dal Ratum-Henxel, waar langgerekte ruggen dekzand liggen. Te zien is dat zowel de Ratumse Beek als de Willinkbeek op meerdere plaatsen diep door enkeerdgronden zijn gegraven. Een groot en hoog complex enkeerdgronden is ook te zien ter weerszijden van de loop van de Kottense Beek, die hier doorheen gegraven is. Het is ter plaatse een diepe insnijding met steile kanten en komt erg onnatuurlijk over. De enkeerdgronden ter weerszijden van de Kottenseweg zijn gedeeltelijk gelegen op duinen van dekzand (rivierduinen?) die in het dal van de Boven Slinge zijn ontstaan. Voor het overige liggen deze enkeerdgronden op hoogten van ondiep gelegen keileem, Tertiair of Mesozoïcum,

voornamelijk ten noorden van de beek.

De Boven Slinge lijkt bij de landsgrens door een enkeerdcomplex te zijn gegraven, maar dat is hier niet geheel zeker, het kan ook gaan om een (gedeeltelijk) natuurlijke doorbraak, zie de beschrijving van de Boven Slinge.

Een en ander houdt in dat ingrepen in de afwatering, zoals bij de Ratumse Beek en de Willinkbeek, pas aan het einde of na de Middeleeuwen hebben plaatsgevonden, als de enkeerdgronden reeds voor het grootste deel gevormd zijn. Wanneer men Kaart 3 overziet, dan is duidelijk dat de meeste enkeerdgronden worden aangetroffen in de jong-pleistocene beekdalen, zoals hiervoor reeds is beschreven. Het is voor de hand liggend dat in de nabijheid van deze oude landbouwgronden ook de boerderijen gebouwd werden en dan bij voorkeur niet op de kostbare landbouwgrond. Veel oude boerderijen zijn daarom gebouwd aan de rand van een es of zelfs in de lage delen van het terrein, op holecene of fluvio-periglaciaire afzettingen. Ondanks regelmatig terugkerende wateroverlast die dit met zich meebracht, maar die ook juist een reden was om deze overlast geleidelijk aan steeds deskundiger te bestrijden. Ook is het zo dat in deze gebieden eenvoudig met ondiepe putten drinkwater gewonnen kon worden, in tegenstelling tot veel plaatsen op de keileemplateaus. Ook eigendomsrechten zullen een rol gespeeld hebben en een gedeelte van de thans begaanbare keileemhoogten was eeuwen geleden nog niet ontgonnen. Ook daar kan overigens wateroverlast optreden als gevolg van de slechte doorlatendheid van de bodem. De opvatting dat boerderijen bij voorkeur op hoge droge plaatsen gebouwd worden gaat voor het Winterswijkse dan ook niet op.

Conclusies en overwegingen/Conclusions and considerations

Veel conclusies zijn in de tekst reeds vermeld. Soms wordt op een zelfde onderwerp meerdere keren ingegaan om het verband duidelijk te maken en duidelijk te houden.

Het bijeenvoegen van een bodemgeografisch onderzoek en geologisch onderzoek heeft geleid tot een ruimtelijk model van de ondergrond, tot op de top van de tertiaire en mesozoïsche afzettingen (Kaart 4 en Kaart 5). Voor het eerst is een gedetailleerd beeld verkregen van de opbouw van een deel van het Oost Nederlands Plateau met daarin diep uitgesleten dalstructuren die geheel zijn opgevuld met jonge sedimenten. Met dit model is tevens het geo-hydrologische systeem gevangen, inzichtelijk gemaakt, dat kan worden vergeleken met de huidige afwatering, waardoor knelpunten in beeld komen. Voor serieuze hydrologische berekeningen is de waarnemingsdichtheid hier en daar echter te gering.

Bijgaande kaarten zijn op gelijke schaal en laten zich onderling vergelijken. Zij geven antwoorden op vele vragen. Hierboven werd een impressie gegeven van het geo-hydrologische systeem van de nog diepere ondergrond

van het gebied, dat weer raakvlakken heeft met het ontstaan van de Boven Slinge.

Een van de belangrijkste resultaten van het onderzoek is wellicht dat meer zicht is gekomen op het ontstaan van het landschap ten oosten van Winterswijk. Vooral met betrekking tot de beeklopen kunnen diepgaande conclusies worden getrokken. Uit eerder onderzoek (van de Westeringh, 1984) was al gebleken dat met name de Ratumse Beek en de Willinkbeek wellicht (gedeeltelijk) zijn gegraven. Nu kan met zekerheid worden gesteld dat zowel de Ratumse Beek als de Willinkbeek over de gehele lengte geen natuurlijke beken zijn. Ze maken deel uit van een doordacht aangelegd afwateringssysteem om Ratum en Henxel te ontwateren. Wel zijn enkele natuurlijke elementen gebruikt, maar voor zover er een natuurlijke afwatering bestond, is deze geheel verloren gegaan. Deze waterstaatkundige werken zijn aan het einde van of kort na de Middeleeuwen gerealiseerd en derhalve waardevolle cultuurhistorische monumenten.

De natuurlijke loop van de oorspronkelijke Vosseveldsbeek is bij ontginning in de eerste helft van de 20ste eeuw geheel verloren gegaan. In het Jong Pleistoceen had het dal van de Vosseveldsbeek aansluiting op de Boven Slinge, de afsplitsing van de Whemerbeek is ontstaan aan het einde van het Pleistoceen en het begin van het Holoceen en slingerde zich tussen hoge dekzandgronden door, waarop Winterswijk is ontstaan.

Het knooppunt Vosseveldsbeek-Whemerbeek-Boven Slinge geeft problemen met wateroverlast. Door opstuwing van de Boven Slinge bij Plekenpol worden in het gebied onnatuurlijk hoge grondwaterstanden gerealiseerd waardoor het grondwater dat vanuit het dal van de Vosseveldsbeek wordt aangevoerd, niet goed weg kan. De oorspronkelijke loop volgt een zuidelijke koers, evenals het dal van de Boven Slinge, daardoor is het gebied zeer nat door kwelwater. Bovendien wordt vanuit de diepere ondergrond in het tracé van de Boven Slinge ook kwelwater aangevoerd.

De bovenloop van de Boven Slinge is van oorsprong een kwelbeek. De mesozoïsche ondergrond gaf vooral in het verleden kwelwater af aan de oppervlakte in dit gebied. Doordat grote delen van het dalsysteem bedekt raken met duincomplexen van dekzand, zoekt de beek een aantal keren een andere loop, evenals de Kottense Beek. De huidige beekloop is deels wel natuurlijk, maar is plaatselijk verlegd door kanalisatie in de eerste helft van de 20ste eeuw. De Kottense Beek is ter plaatse van de Esinkweg na de Middeleeuwen door een enkeerdencomplex gegraven. De bovenloop van de Wooldse Beek is aangelegd. De Stortelersbeek is van oorsprong een natuurlijke beek, maar de bovenloop is kunstmatig uitgediept en verlengd tot het Blekkinkveen. De Dambeek is over de gehele lengte een aangelegd afwateringssysteem.

Het is niet uitgesloten dat de prehistorische mens ook al ingrepen deed in de waterhuishouding. De mens in de IJzertijd moet daartoe zeker in staat zijn geweest. Als dat

zo zou zijn, is dat natuurlijk moeilijk vast te stellen. Een gegeven is dat de vernatting van het gebied, inclusief de plateaus, pas intreedt gedurende het Holoceen, mogelijk pas aan het einde ervan, nadat de oorspronkelijke dalsystemen door dekzand verstopt zijn geraakt.

Opmerkelijk zijn de dikke stuifzandafzettingen (Jong Dekzand) in de pleistocene beekdalen, waarop enkeerdgronden aanwezig zijn. Deze grote enkeerdcomplexen zijn vaak enkele meters hoger dan de omgeving (vergelijk Kaart 2 en Kaart 3).

Ondanks dat de lage delen ertussen regelmatig met wateroverlast te maken krijgen, worden hier toch boerderijen gebouwd. Wellicht was er toch sprake van enige primitieve waterbeheersing, maar meer grootschalige afwateringen worden pas na de Middeleeuwen aangelegd.

Ondanks de vele publicaties die er over de geologie van Winterswijk zijn verschenen (zie Peletier & Kolstee, 1986), is het niet mogelijk een zeer gedetailleerde jongere geologische geschiedenis te schrijven. Hoewel er tienduizenden kwalitatief goede boringmonsters in archieven zijn opgeslagen, ook van het Kwartair, is alleen het Tertiair en Mesozoïcum stratigrafisch onderzocht. Als gevolg van de taakverdeling tussen destijds geïnteresseerde instituten is het onderzoek van het Kwartair van dit prachtige gebied uiteindelijk blijven liggen. Nu de Rijksoverheid vele taken geprivatiseerd heeft en onderzoek als het onderhavige geheel is vercommercialiseerd, zal het een illusie zijn dat ooit nog de vele wetenschappelijke vragen, zoals de klimaatsontwikkeling, beantwoord zullen worden. Aanstaaende onderzoekers zullen worden geconfronteerd met slecht onderhouden archieven en opgeschoonde monsternagazijnen. Voor dure nieuwe boringen is wellicht geen geld meer beschikbaar.

Tot besluit/Epilogue

Alles resumerend kan worden gesteld dat het reliëf van het Winterswijkse landschap, tot in redelijk kleine details, een natuurlijke oorsprong heeft vanuit een gecompliceerd geologisch verleden. Het terreinreliëf is nu nog in grote lijnen onbeschadigd.

Het oppervlak van het landschap is echter vooral door menselijke cultuur bepaald, die sterke invloed had en heeft op de flora en fauna. De mens heeft het hele gebied al eens omgewerkt door bijvoorbeeld de aanleg van de talrijke enkeerdgronden (die het reliëf soms versterken) en de beken, waarvan de meeste toch als aangelegde afwateringssystemen moeten worden beschouwd. Over grote gebieden werden plaggen gestoken en door ontginning en de moderne landbouw zijn oorspronkelijke podzolgronden gedeels verdwenen. Maar de oorspronkelijke vorm van het reliëf is toch altijd goed intact gebleven.

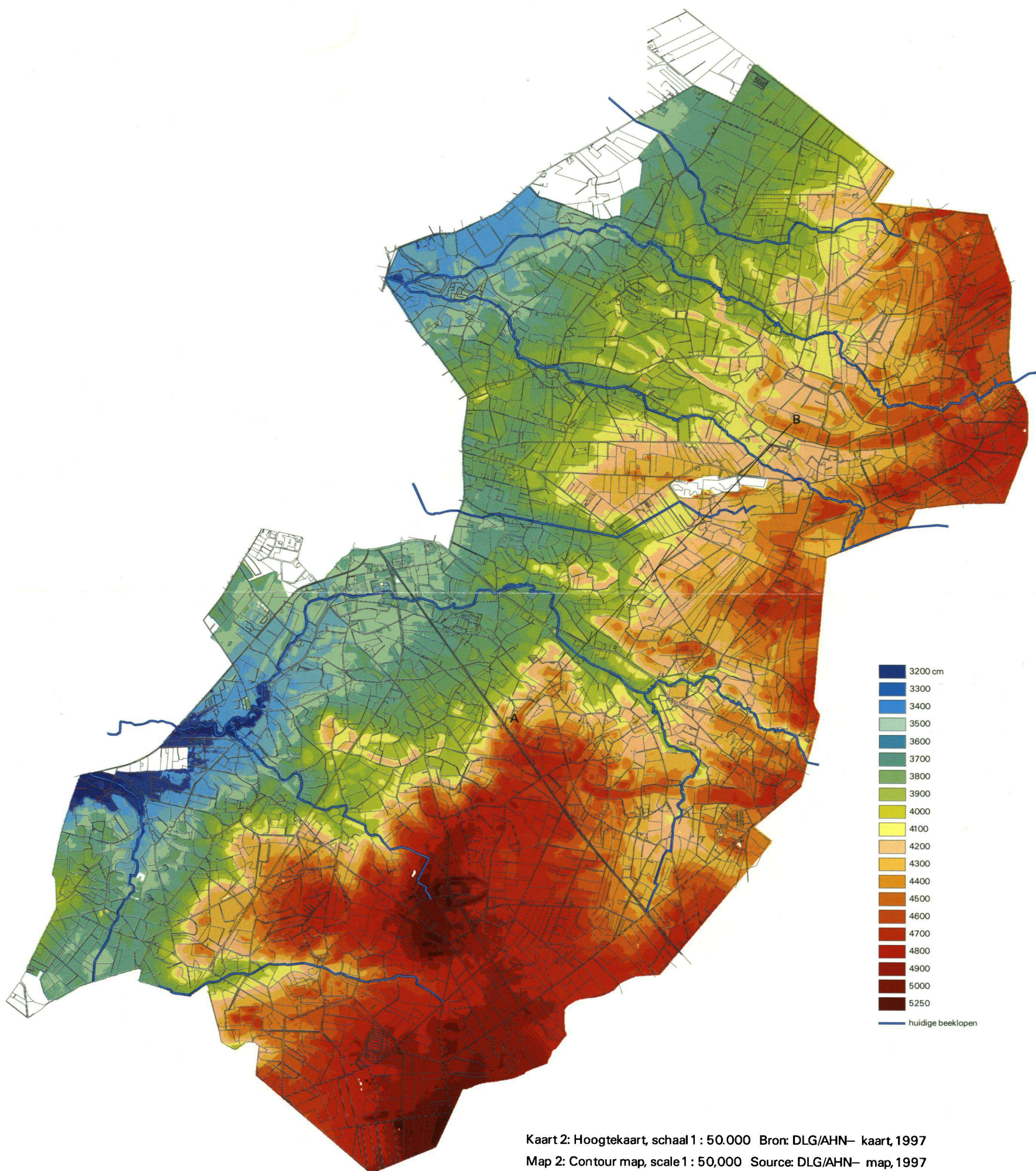
Het enige originele uit de natuur, het zo unieke reliëf van keileem, dalsystemen en dekzandhoogten wordt nu bedreigd door natuurontwikkeling, waarbij grond grootschalig wordt afgegraven om te verschrallen of om natte plekken

te creëren. Hierbij worden niet alleen de laatste resten natuurlijke podzolgronden vernietigd, maar wordt ook het oorspronkelijke reliëf willekeurig ontkracht. Landschapsreconstructie zou de voorkeur verdienen, zodat de natuurlijke ontstaanswijze van het gebied geen geweld wordt aangedaan. De Stichting Aardkundige Waarden zal het gebied als landschapbepalend aardkundig monument (AM) en aardkundige structuur (AS) moeten aanwijzen om het in de huidige omstandigheden te behouden. Natuurbouw en natuurontwikkeling zullen dan nog uitsluitend kunnen plaatsvinden binnen het oorspronkelijke concept van de ontstaanswijze van het landschap.

Literatuur/References

- Bakker, H. de & Schelling, J. 1989. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus*. [Tweede gewijzigde druk, bewerkt door D.J. Brus en C. van Wallenburg], 209 pp., 1 map. Wageningen (Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie).
- Bloemendaal, S. & Cornelissen, C.M.C. 1985. *Grondwaterkaart van Nederland, Aalten, 41 Oost*. Delft/Oosterwolde (Dienst Grondwaterverkenning TNO).
- Bosch, M. van den 1970. Voorlopig verslag omtrent de onderzoeken van de tertiaire afzettingen in de omgeving van Plantengaarde en Stermerdink te Brinkheurne bij Winterswijk (Nederland, prov. Gelderland). *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie* 7, 4-26.
- 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*. 81 pp., 3 maps. Leiden (Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie).
- 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* 21, 22-113.
- Bosch, M. van den 1992-1993. De Winterswijkse Puzzel, 32 afleveringen. *Nieuwe Winterswijkse Courant*, 4 februari 1992-3 mei 1993.
- Bosch, M. van den 1993. *De voortgang van het lithostratigrafisch onderzoek van het Rupelien in de Gelderse Achterhoek*. 15 pp., Leiden (Nationaal Natuurhistorisch Museum/Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk).
- Bosch, M. van den 1994. *Bovenkant Tertiair en Mesozoïcum, breukenpatroon, kaartblad 41E, 41F en 41G*, schaal 1:25000. 1 map. Leiden (Nationaal Natuurhistorisch Museum/Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk).
- Bosch, M. van den 1995. Mogelijke kwellocaties op grond van de stijghoogte van het diepe grondwater. In: *Plan van aanpak aardkundige waarden in het WCL-gebied Winterswijk*, kaartbijlage 5. Zwillbrock e.v. (Biologisch Station) / Winterswijk (WCL).
- Bosch, M. van den 1996a. *De voortgang van het lithostratigrafisch onderzoek van het Rupelien in Oost-Nederland, II*. 7 pp., Leiden (Nationaal Natuurhistorisch Museum/Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk).
- Bosch, M. van den 1996b. *De voortgang van het lithostratigrafisch onderzoek van het Rupelien in Oost-Nederland, III. Lithostratigrafie van de boringen Pelkwijk en Eelink Es te Winterswijk*. 11 pp., Leiden (Nationaal Natuurhistorisch Museum/Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk).
- Bosch, M. van den 1996c. *Achterhoekproject NNM-RGD, kaartblad 41E, 41F, 41G; Boorlocatie-kaarten en overzichtsprofielen*. 14 pp., Leiden (Nationaal Natuurhistorisch Museum/Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk).
- Bosch, M. van den 1996d. *Kaartblad 41E, 41F, 41G, Bovenkant Tertiair en Mesozoïcum t.o.v. NAP en maaiveldshoogte. Verband tussen het terreinreliëf en de geologische structuur*. 1 map (scale 1:25000). Leiden (Nationaal Natuurhistorisch Museum/Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk).
- Bosch, M. van den 1999. Een analyse van bodembewegingen tijdens het Tertiair ten Noorden van Winterswijk (Provincie Gelderland, Nederland). *Contributions to Tertiary and Quaternary Geology* 36, 109-132.
- Bosch, M. van den 2000. *Toelichting bij de kaart begindiepte van het Tertiair-Mesozoïcum voor het herinrichtingsgebied Winterswijk-Oost*. 6 pp., 1 map (scale 1:10,000) Wageningen (Alterra).
- Bosch, M. van den, Cadée, M.C. & Janssen, A.W. 1975. Lithostratigraphical subdivision of Tertiary deposits (Oligocene-Pliocene) in the Winterswijk-Almelo region (eastern part of the Netherlands). *Scripta Geologica* 29, 1-167, 23 pls.
- Brand, S.H. van den, Bosch, M. van den, Hamhuis, D. & Westeringh, W. van de 1981. Winterswijk, landschap en vegetatie, Deel 1. Ontstaan en opbouw van het landschap. *Wetenschappelijke Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Natuur-historische Vereniging* 147, 1-107, 1 map (scale 1:50,000).
- Brouwer, F., Cate, J.A.M. ten & Scholten, A. 1996. Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtings-gebieden; Bodemvorming, methode en begrippen [Tweede gewijzigde druk, bewerkt door J.A.M. ten Cate, H. Kleijer & J. Stolp]. *Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Staring Centrum (Wageningen)*, Rapport 157, 1-133.
- Herngreen, G.F.W., Bosch, M. van den & Lissenberg, T. 2000. Nieuwe inzichten in de stratigrafische ontwikkeling van Jura, Krijt en Onder-Tertiair in de Achterhoek. *Grondboor en Hammer* 54, 70-92.
- Jonges, K. 1969. *Stermerdink: puls boring 408, diepte 6,10-7,80 m – mv., lijst van 25 molluskensoorten*. Winterswijk (Geologisch Veldlaboratorium) (internal report).
- Kleijer, H. & Cate, J.A.M. Ten 1998. De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Winterswijk-Oost; Resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. *Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Staring Centrum (Wageningen)*, Rapport 603, 1-176, 5 maps (scale 1:10,000).
- Krayenhoff, C.R.T. 1810. *Choro-topographische kaart der Noordelijke Provinciën van het Koninkrijk der Nederlanden*. Schaal 1:115,200, 9 bladen. Topografische Dienst/Unieboek b.v.
- 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, 153-165.
- Meene, E.A. van de 1996. *Geologische kaart van Oost-Gelderland en Twente, top Tertiair*. Schaal 1:100,000. Haarlem (Rijks Geologische Dienst).
- Peletier, W. & Kolstee, H.G. 1986. Winterswijk, Geologie Deel 1, Inleiding tot de geologie van Winterswijk. *Wetenschappelijke Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Natuur-historische Vereniging* 175, 1-136.
- Reitsma, T. 1981. *Pompproef Winterswijk*. (Waterleidingbedrijf Winterswijk).
- Scholte Lubberink, H.B.G., Thanos, C.S.I. & Schenk, J.A. 1998. *Waardevol Cultuurlandschap Winterswijk, archeologische*

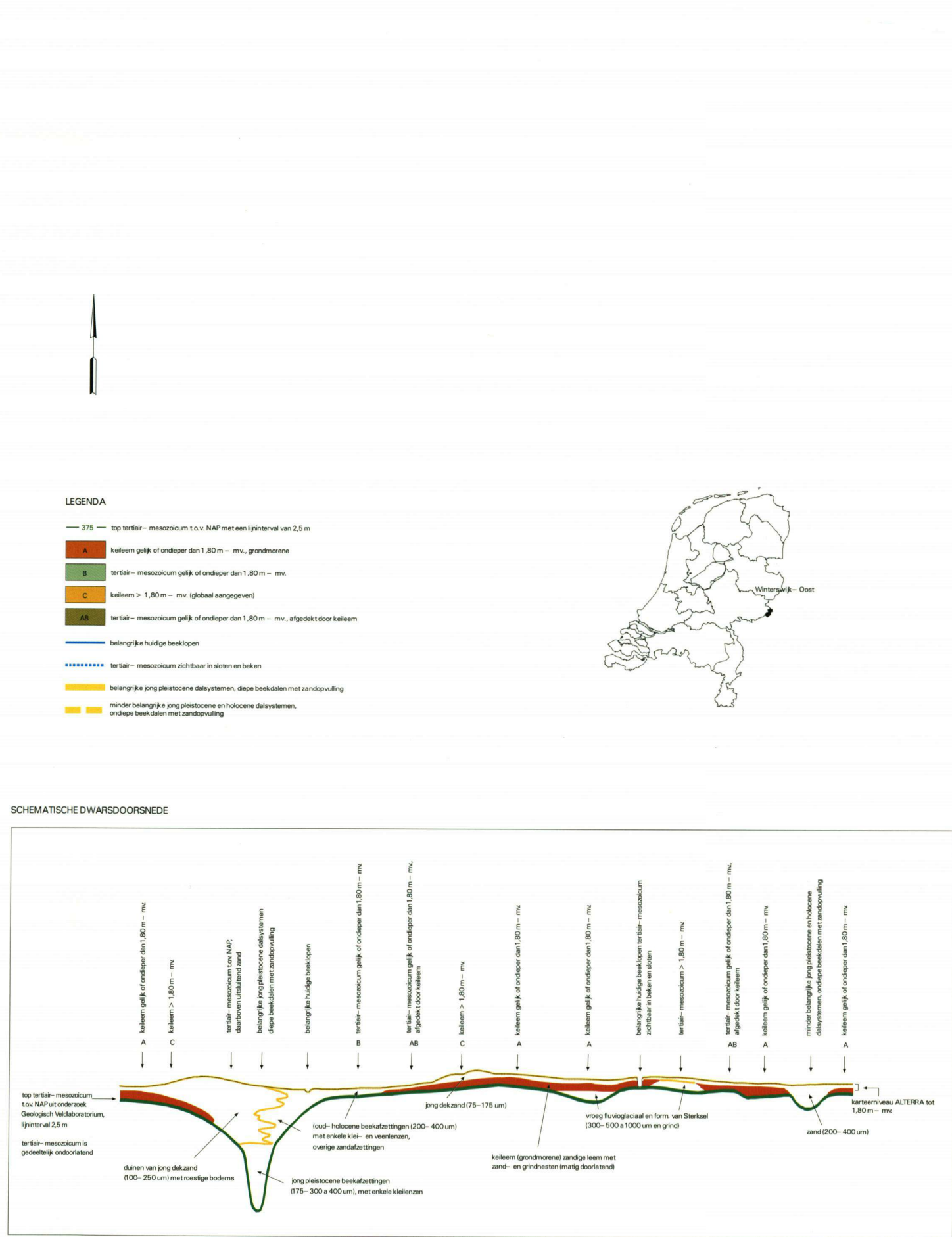
- inventarisatie en verwachtingskaart (Fase A). *RAAP Archeologisch Adviesbureau Amsterdam, Rapport 225*, 1-96, 1 map.
- Schoonderbeek, A.W.M. 1999. *Waterkwaliteitsmeetnet Corle*. 25 pp., Velp (Waterbedrijf Gelderland).
- Westeringh, W. van de 1984. Ontstaan, ontwikkeling en ligging van de Winterswijkse beken. *Geografisch Tijdschrift* 18, 294-308.
- Willemsen, J. 1998. *Effecten van de zandwinplas 't Hilgelo op het grondwater ten noorden van Winterswijk*. 25 pp., Lochem (Waterschap Rijn en IJssel).
- Zagwijn, W.H., Staaldin, C.J. van (eds) 1975. *Toelichting bij de geologische overzichtskaarten van Nederland*, 134 pp., Haarlem (Rijks Geologische Dienst).



Kaart 2: Hoogtekaart, schaal 1 : 50.000 Bron: DLG/AHN- kaart, 1997
Map 2: Contour map, scale 1 : 50,000 Source: DLG/AHN- map, 1997

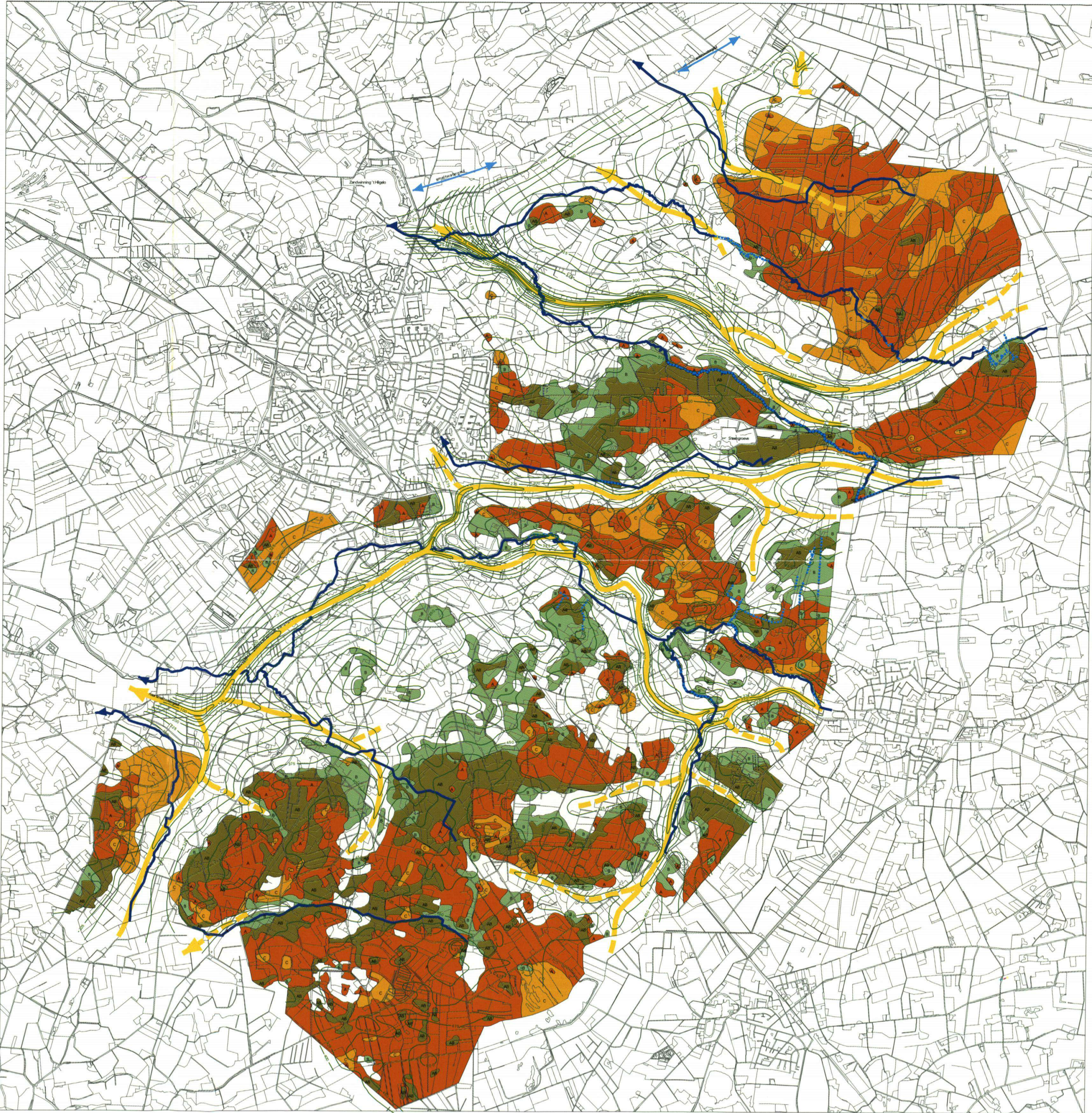


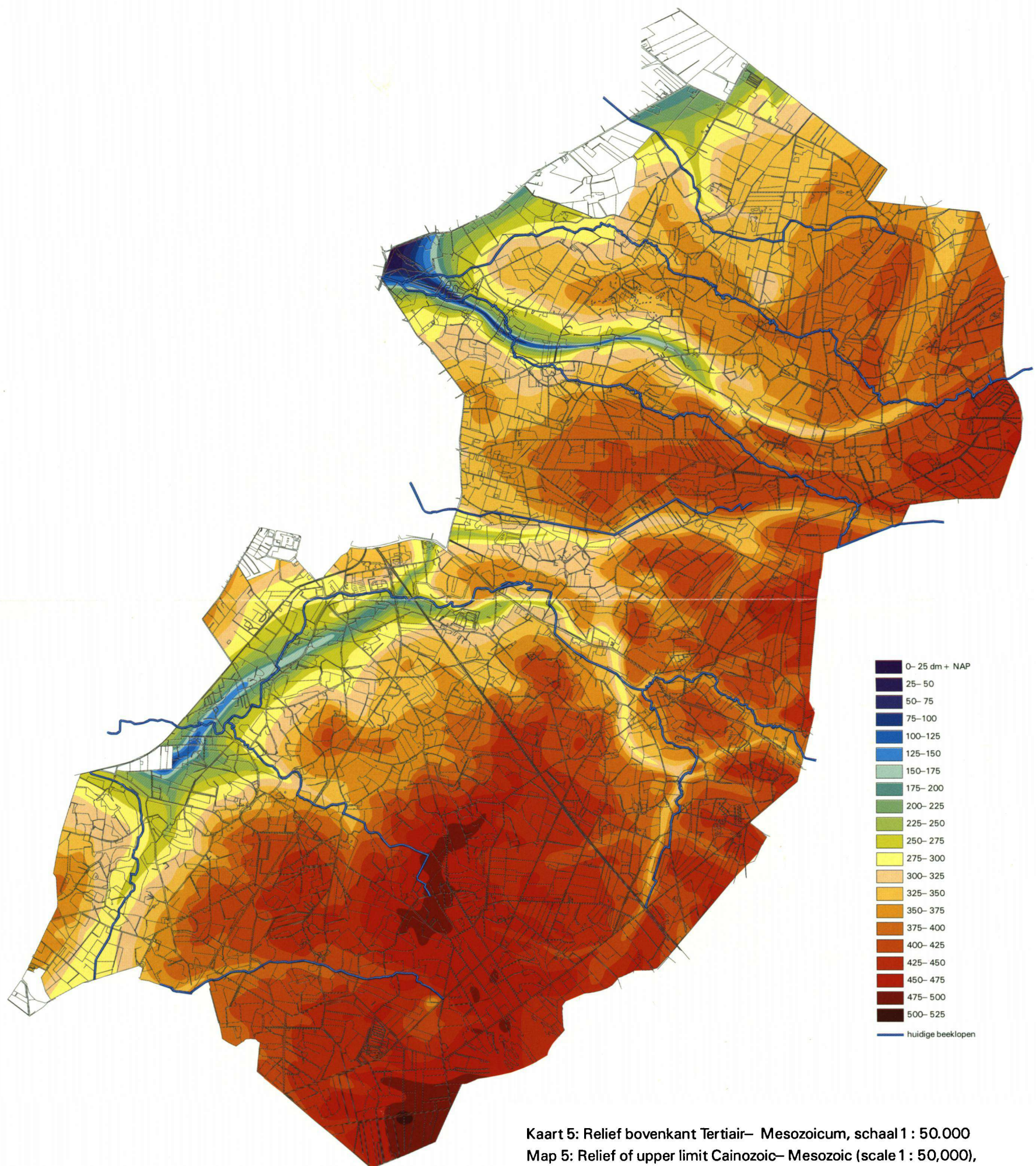
Kaart 3: Geologisch– bodemgeografische oppervlaktekaart, schaal 1 : 50.000
 Map 3: Geological/pedogenetic– geographical surface map, scale 1 : 50,000



Kaart 4: Kaart met top Tertiair– Mesozoïcum in m t.o.v. NAP, verspreiding keileem, jong pleistocene dalen, schaal 1 : 50.000

Map 4: Map illustrating top Cainozoic– Mesozoic (in m) relative to NAP, till distribution, Late Pleistocene valleys (scale 1 : 50,000, as well as schematic section





Kaart 5: Relief bovenkant Tertiair- Mesozoicum, schaal 1 : 50.000
 Map 5: Relief of upper limit Cainozoic- Mesozoic (scale 1 : 50,000),
 relative to NAP, and present- day streams