



# Zandverstuivingen en plaggenlandbouw; het bodemarchief van Tungelroy

J.M. VAN MOURIK

Plaggenbemesting en zandverstuivingen spelen een belangrijk rol in de landschapsontwikkeling op de zandgronden. Met behulp van pollenanalyse, toegepast op het gebied bij Tungelroy ten zuiden van Weert, wordt beter inzicht verkregen in de ouderdom en ontwikkeling van dit landbouwsysteem en de relatie met zandverstuivingen. Hieruit blijkt dat plaggenlandbouw niet met een grootschalige ontginning gepaard ging, maar dat sprake is van een geleidelijke invoer van dit systeem.

**D**e plaggenlandbouw heeft een belangrijk stempel gedrukt op de landschapsontwikkeling op de pleistocene zandgronden in historische tijd. De chemische vruchtbaarheid van de oude bouwlanden kon alleen op peil worden gehouden door gebruik te maken van organische mest vermengd met bos- of heideplaggen, die rechtstreeks of via de stal op de akker werd gebracht. Omdat in de loop der tijd met het organisch materiaal ook zandkorrels werden opgebracht, leidde deze vorm van bemesting tot het ontstaan van de kenmerkende humeuze enkdekken (Aan-horizont) van de enkeerdgronden. Door deze antropogene ophoging zijn de oude akkers in de regel goed herkenbaar in het landschap.

Het in stand houden van de oude bouwlanden vereiste een relatief groot areaal 'woeste grond' voor de produktie van de benodigde hoeveelheid organisch materiaal. Intensief gebruik van de woeste grond werkte degradatie van de (heide-) vegetatie in de hand, waardoor zandverstuivingen ontstonden.

In een vorig artikel (Van Mourik, 1991a) werd aan de hand van de analyse van een polycyclisch bodemprofiel (Peelterbaan) ingegaan op de fase-ring van zandverstuivingen. In dit artikel zullen de analyses van een soortgelijk profiel (Tungeler Wallen) en een enkeerdgrond (Tungelroy) worden besproken. De afstand tussen de beide profielen bedraagt ongeveer 1000 m. Daarom mag worden verwacht dat de analyse informatie kan

geven over de relatie tussen zandverstuivingen en plaggenlandbouw.

## HET LANDSCHAP VAN TUNGELROY OP DE KAART

Op de topografische kaart van 1838-1857 (figuur 1) is het landgebruik in het gebied ten westen van Tungelroy nog in overeenstemming met de geomorfologische structuur van het landschap. De Tungelroysche Beek ontspringt ten zuiden van de huidige Tungeler Wallen. Zowel de beekloop als de natuurlijke weiden op de dalbodem zijn op de kaart goed herkenbaar. Ook goed herkenbaar zijn de oude akkers ten westen van het dorp Tungelroy, grenzend aan een heidegebied. Ten zuiden van de beek liggen de oude akkers van Bergerroth. Verder naar het westen en noorden liggen moerassige gebieden (Dijkerpeel, Kalverpeel en Kruispeel) die afwateren op de Tungelroysche beek. De bovenloop van de beek is pas later gegraven en staat daarom nog niet op de kaart. De Tungeler Wallen staan evenmin aangegeven. De kaart toont heide met enkele bospercelen.

Een latere topografische kaart, opgenomen in 1898 (figuur 2), toont wel de landduinen die kenmerkend zijn voor het reliëf van de Tungeler Wallen. De heide van Tungelroy is in dat jaar al voor een deel bebost. Het centrale deel van het voormalige heidegebied wordt op de kaart aangegeven als een terrein met actieve duinvorming. De drainage van de genoemde moerasgebieden is inmiddels verbeterd door een aantal sloten die later de bovenloop van de Tungelroysche Beek zullen vormen.

Op de bodemkaart 1:50 000, opname 1968/69 (Stichting voor Bodemkartering, 1972) zijn de verschillende onderdelen van het landschap rondom de Tungelroysche Beek goed herken-

1. *Fragment van de topografische kaart Altweert, Stamproy, schaal 1:50 000. Grote Historische Atlas van Nederland, deel 4. Groningen, Wolters-Noordhoff, 1990.*



2. Fragment van de topografische kaarten no. 737, Weert en 744, Stramproy. Verkend in 1889. Bron: Kaartencollectie van de Universiteitsbibliotheek van de Universiteit van Amsterdam.

baar. Het complex oude akkers valt samen met de kaartenheid enkeerdgronden, de dalbodem is herkenbaar als een strook beekerdgronden. De verstoven gebieden staan aangegeven als duinvaaggronden, de niet-verstoven delen van de voormalige heide als humuspodzolgronden. De moerassige gebieden van weleer zijn op deze bodemkaart herkenbaar als veen- en gooreerdgronden. Van deze moerige gronden is in het huidige landschap alleen de Kruispeel nog terug te vinden. De andere moerasgebieden zijn verdwenen door bio-oxydatie van het veen na verbetering van de drainage.

Stuifzandlandschappen zijn in de regel complex van opbouw. Op een kaart met schaal

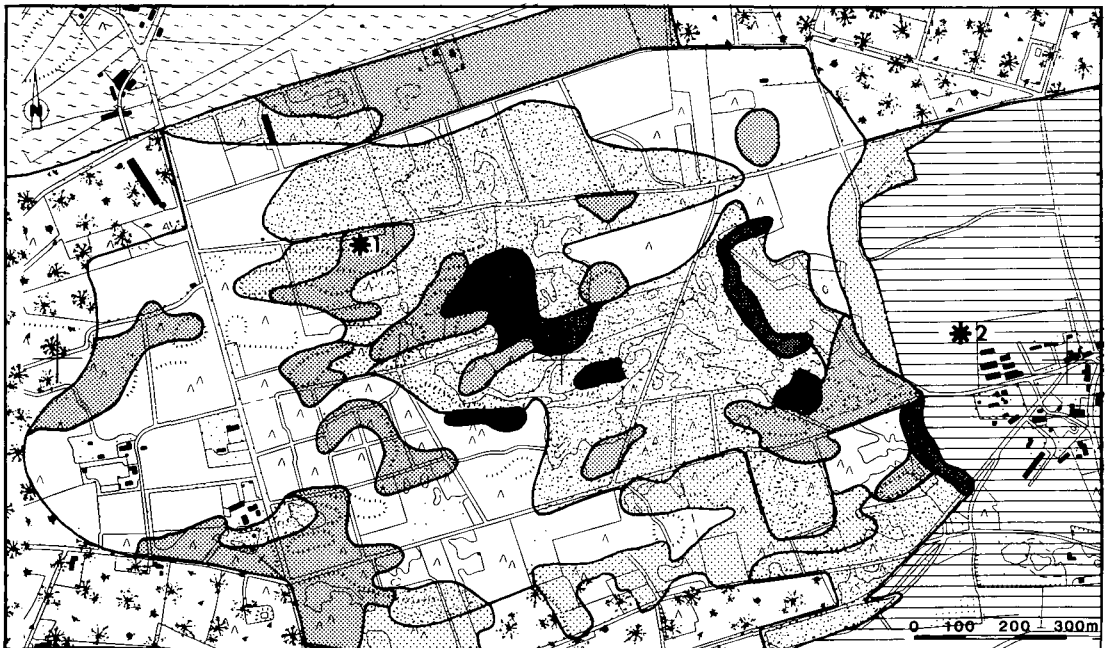
1:50 000 komt de structuur van een stuifzandlandschap niet tot uitdrukking. Daarom is in het stuifzandlandschap 'Tungeler Wallen' een 1:10 000 kartering uitgevoerd. Figuur 3 toont de fysiografische kaart van dit stuifzandgebied en zijn omgeving. Het stuifzandlandschap wordt omgeven door enkeerdgronden (oude akkers), humuspodzolen (de voormalige heide) en goor-

3. Fysiografische kaart van de Tungeler Wallen.




\*1: profiellokatie Tungeler Wallen

\*2: profiellokatie Tungelroy

Kaartcompilatie: J.M. van Mourik (1992). Karteringen: S. Bruines en B. de Vries (1987); S van Donselaar en T. van der Zijp (1989).



-  **ENKEERDGRONDEN**  
oude akkergronden
-  **HUMUSPODZOLEN**  
(afgeplagde) voormalige heidegronden
-  **GOOREERDGRONDEN**  
voormalige natuurlijke weidegronden

-  **VLAKVAAGGRONDEN**  
tot in de Cg geërodeerd dekzandprofiel met stuifzanddekken tot 40cm dikte
-  **DUINVAAGGRONDEN**  
tot in de Cg geërodeerd dekzandprofiel met stuifzanddekken en lage duinen tot 220cm
-  **HUMUSPODZOLEN MET ZANDEK**  
niet geërodeerd dekzandprofiel met stuifzanddekken tot 40cm dikte

-  **DUINVAAGGRONDEN**  
niet geërodeerd dekzandprofiel met stuifzanddekken en lage duinen
-  **DUINVAAGGRONDEN**  
stuifzanddek en hoge landduinen vanaf 220cm dikte
-  **profiellokatie**

eerdgronden (het voormalige moeras). De structuur van het stuifzandlandschap wordt morfologisch bepaald door de afwisseling van erosiegebieden (uitgestoven laagten) en accumulatiegebieden (zanddekken en duinen). De laatste worden verdeeld in primair en secundair. Na degradatie van de heidevegetatie kon het zand eroderen tot in de natte Cg-horizont van het dekzandprofiel. Vrijwel overal bleef op het erosievlak een residuair stuifzanddek liggen dat gemiddeld niet dikker is dan 40 cm. Erosiegebieden worden bodemkundig gekarteerd als vlakvaaggronden (hydro-zandvaaggronden).

Secundaire accumulaties (opstuivingen) zijn stuifzandafzettingen, dikker dan 40 cm, op een eerder gevormd erosie-oppervlak. Geomorfologisch gaat het om een associatie van dikke zanddekken en lage duinen. Bodemkundig worden ze gekarteerd als duinvaaggronden (xero-zandvaaggronden). Primaire accumulaties (overstuivingen) zijn stuifzandafzettingen op een niet-geërodeerd dekzandprofiel. Er zijn twee kaarteenheden onderscheiden: zanddekken tot gemiddeld 40 cm dikte op niet-geërodeerde dekzandprofielen (humuspodzolen met zanddek) en associaties van dikke zanddekken en lage landduinen, afgezet op niet-geërodeerde dekzandprofielen (duinvaaggronden). Daarnaast is de kaartenheid 'stuifzanddekken en hoge landduinen' onderscheiden. De hoge duinen zijn afgezet op een mozaïek van wel- en niet-geërodeerde dekzandprofielen, wat een goed onderscheid tussen accumulatie- en erosiegebied (op deze schaal) bemoeilijkt.

De plaats waar de langere noord-zuid georiënteerde hoge landduinen ontstonden is bepaald door de eikehakhoutwallen die aanwezig waren langs de westgrens van de akkergronden van Tungelroy. Ze functioneerden tijdens de zandstormen als windschermen die het meeste zand konden opvangen. Omdat eikehakhout in staat is om uit de stam nieuwe wortelstelsels te genereren kunnen dergelijke wallen een hoge zandaccumulatie overleven. Uit het kaartbeeld blijkt dat de opbouw van de Tungeler Wallen enigszins

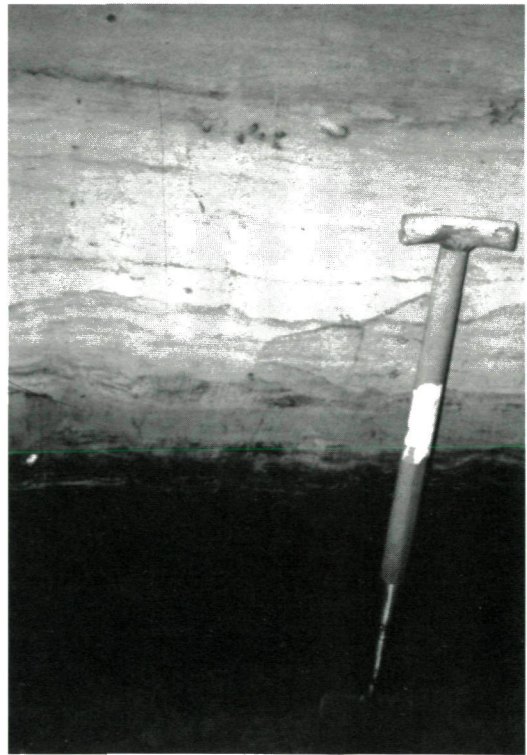
chaotisch is, het resultaat van een langere periode van zich in de ruimte verplaatsende zandverstuivingen. Het beeld komt overeen met de resultaten in andere gebieden (Castel, 1991; Koster, 1978; Van Mourik, 1987 en 1988).

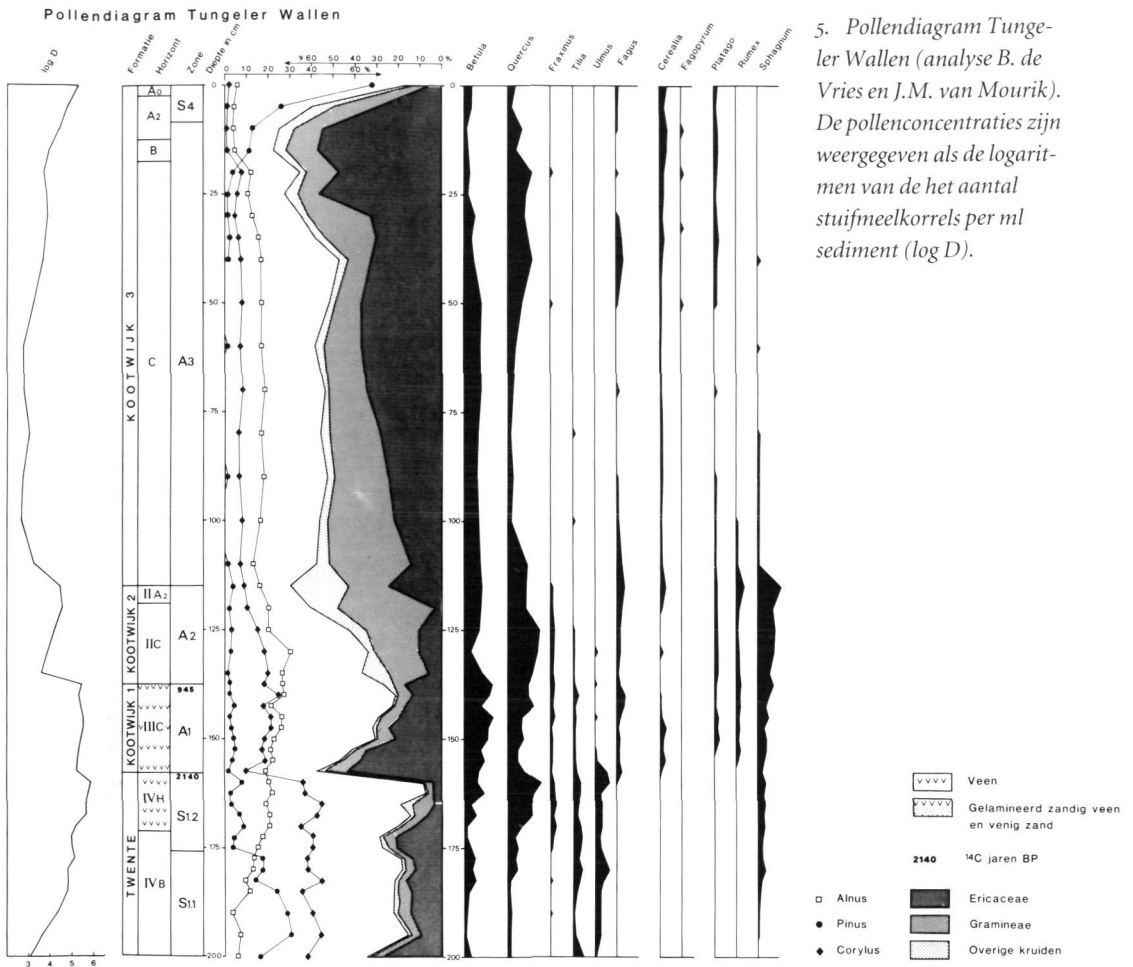
#### HET PROFIEL VAN TUNGELER WALLEN

Aan de noordzijde van de Tungeler Wallen werd een overstoven moerpodzol (een humuspodzolgrond met een moerige A-horizont, IVH) bemonsterd (foto: figuur 4; pollendiagram: figuur 5). Onder het stuifzand is de zuidelijke rand van de veengronden van Dijkerpeel bewaard gebleven.

De pollenzones in het profiel zijn gecodeerd naar de opeenvolging van stabiele (bodenvorming) en instabiele (verstuiving) fasen in de landschapontwikkeling, voor zover deze fasen in het profiel werden geregistreerd. Op de dek-

4. Profiel (1) van een overstoven moerpodzol in de Tungeler Wallen.





5. Pollendiagram Tunge-  
ler Wallen (analyse B. de  
Vries en J.M. van Mourik).  
De pollenconcentraties zijn  
weergegeven als de logarit-  
men van de het aantal  
stuijmeelkorrels per ml  
sediment (log D).

zandformatie worden drie stuifzandlagen aange-  
troffen: Kootwijk-1, -2 en -3. Een sedimentair  
vergelijkbare opeenvolging werd waargenomen  
in het eerder gepubliceerde profiel Peelterbaan  
(Van Mourik, 1991a).

De basale zone S1 representeert een stabiele  
periode in het landschap. De met de diepte sterk  
dalende pollenconcentraties (log D-curve; log D  
= logaritme van het aantal stuifmeelkorrels per  
ml sediment) illustreren de pedogene polleninfil-  
tratie gedurende deze periode. In de horizonten  
van de begraven bodem is een deel van de holo-  
cene bosgeschiedenis geregistreerd. Stuifmeel-  
korrels van boomsoorten domineren. De hoge

percentages Corylus (hazelaar) en de aanwezig-  
heid van Tilia (linde) en Ulmus (iep) duiden op  
een laat-atlantische tot subboreale ouderdom  
van de pollenspectra.

Zone A1 representeert de polleninhoud van de  
Kootwijk-1 formatie (premiddeleeuws stuif-  
zand). Het sediment bestaat uit een afwisseling  
van dunne veen- en zandlaagjes, een weerspiege-  
ling van toenemende instabiliteit in het land-  
schap. Het pollendiagram toont een plotselinge  
terugval van enkele boomsoorten en de opkomst  
van Ericaceae (heide). Dergelijke scherpe gren-  
zen duiden in de regel op een sedimentair hiaat  
of mogelijk zelfs een erosiefase.

De top van de moerige A-horizont van het dekzandprofiel is gedateerd op 2140 jaar BP, de top van de Kootwijk-1 op 945 jaar BP. Deze afzetting representeert dus een relatief lange periode. De opkomst van Cerealia (hoofdzakelijk rogge) en Plantago (weegbree) duidt op menselijke invloed. In de samenstelling van het boompollen neemt de betekenis van Ulmus, Tilia en Corylus af, Fagus (beuk) verschijnt. Onder de lokale kruiden neemt Sphagnum (veenmos) in betekenis toe. De karakteristieken van het profiel duiden op vernatting en instabiliteit door lokale menselijke invloed. De vernatting hangt vermoedelijk samen met toenemende aantasting van het bos op de hoger gelegen gronden. Door de hiermee samenhangende afnemende verdamping neemt de grondwaterstroom naar de lagere terreinen toe.

Plaatsen met zeer lokale Kootwijk-1 accumulaties die de vroegere brandcultuur begeleiden, worden ook elders in de regio aangetroffen op de overgangen van de drogere naar nattere gebieden (Van Mourik, 1988, 1991a). In de jongere spectra van deze zone nemen de kruidenpercentages af en lijkt het bos zich enigszins te herstellen.

Zone A2 representeert de polleninhoud van de Kootwijk-2 formatie (middeleeuws stuifzand). Het sediment bestaat uit humeus-gelaagd zand. De zwak-ontwikkelde IIA2 horizont vormt de scheiding met de jongere Kootwijk-3 formatie. De kruidenpercentages nemen toe, vooral de Gramineae (grassen). De dalende boompollenpercentages duiden op verdere achteruitgang van het bos. De pollenconcentraties zijn in zone A2 lager dan in zone A1, wat duidt op een sterkere verdunning van de pollenneerslag met sedimentair materiaal, ofwel grotere sedimentatiesnelheden.

Zone A3 weerspiegelt de polleninhoud van de Kootwijk-3 formatie (postmiddeleeuws stuifzand). Het sediment bestaat uit humusarm, gelaagd stuifzand. In het jongere traject van deze zone wordt Fagopyrum (boekweit) aangetroffen, een cultuurplant die zijn maximale uitbreiding na de Middeleeuwen kent. De pollenconcentraties zijn kleiner dan in de zones A1 en A2, wat duidt op een relatief grote verdunning van de pollenneerslag in de stuifzandafzetting, dus op een grotere sedimentatiesnelheid.

Zone S4 weerspiegelt de jongste stabiele periode waarin eerst de heide zich herstelt (door het achterwege blijven van afplaggen na introductie van de kunstmest) en waarin zich vervolgens onder (aangeplant) dennenbos een micropodzol (Ao/A2/B) ontwikkelt.

Het profiel Tungeler Wallen toont een opeenvolging van een premiddeleeuwse, een middeleeuwse en een postmiddeleeuwse stuifzandafzetting. De Kootwijk-1 wordt op deze plaats afgezet tussen 2140 en 945 jaar BP. De afzettingssnelheid is relatief laag. De afwisseling van zand- en veenlaagjes in deze formatie duidt erop dat stabiele en instabiele omstandigheden elkaar snel afwisselden. In vergelijking met het overeenkomstige traject in het profiel Peelterbaan (Van Mourik, 1991a) begint de afzetting nogal vroeg, in vergelijking met de profielen Defensiedijk (Van Mourik, 1988) laat. Dit benadrukt het beeld dat de Kootwijk-1 afzettingen lokale verschijnselen zijn met een relatief grote spreiding in de (premiddeleeuwse) tijd. De Kootwijk-2 wordt na 945 BP afgezet. Het humeuze karakter van het sediment kan duiden op afzettingssnelheden die maar weinig groter zijn dan ten tijde van de vorming van Kootwijk-1. De toenemende kruidenpercentages

Tabel 1. C14-dateringen van het profiel Tungeler Wallen

monstercode	horizont	diepte	14C	jaren BP
GrN-14347	IIIC	130 cm	945	± 25
GrN-14346	IVH	160 cm	2140	± 30

in het pollendiagram, vooral die van de Gramineae, duiden op een voortgaande aantasting van bos en hei.

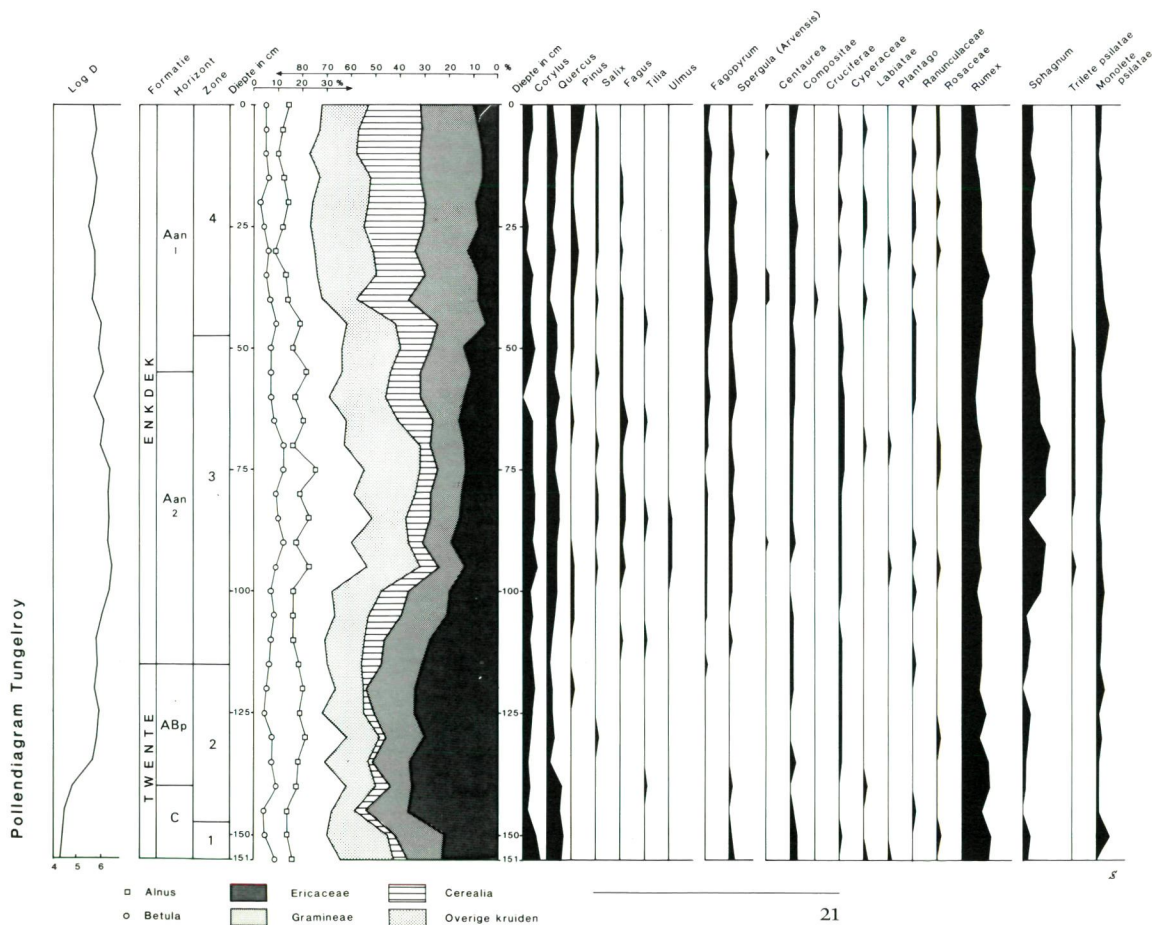
In de top van de Kootwijk-2 formatie is geen paleosol waarneembaar. Dat kan betekenen dat de stuifzandafzetting zonder onderbreking voortging. Of het kan betekenen dat een ontwikkeld bodemprofiel in de stabiele fase tussen Kootwijk-2 en -3 is geërodeerd voordat de Kootwijk-3 werd afgezet. Omdat in het materiaal van de Kootwijk-3 vrijwel geen organische stof bevat, is een C14-datering van de basis van deze laag niet uitgevoerd.

**HET PROFIEL TUNGELROY**

Op 250 m ten oosten van de grens tussen het stuifzandgebied en de oude akkers van Tungelroy

werd een sectie van de enkeerdgrond bemonsterd (pollendiagram: figuur 6; foto: figuur 7). Het enkdek (Aan-horizont) bestaat uit humeus, bruinzwart, matig fijn zand. Op grond van de kleur (standaard bodemkleurenkaart) zijn twee subhorizonten te onderscheiden. De Aan-2 is iets donkerder van kleur (10YR3/1) dan de Aan-1 (10YR3/2). Onder de Aan-horizont is een geploegde zone herkenbaar die bestaat uit een vermenging van delen uit de A- en B-horizonten van het voormalige podzolprofiel. De C-horizont bestaat uit matig fijn, licht geel zand, behorend

6. Pollendiagram Tungelroy (analyse H. Bos en J.M. van Mourik). De pollenconcentraties zijn weergegeven als de logaritmen van het aantal stuifmeelkorrels per ml sediment (log D).





tot de formatie van Twente (dekzand).

De pollenconcentraties nemen in de verploegde dekzandbodem met de diepte snel af. Dit duidt op infiltratie van pollen uit de toenmalige oppervlakte in de onderliggende bodemhorizonten. Dit infiltraat geeft een indruk van de vegetatiekundige situatie voor het begin van de plaggenlandbouw. Er kunnen in dit deel van het profiel twee pollenzones worden onderscheiden.

In zone 1 zijn de percentages Ericaceae (struikheide) relatief laag. Het aandeel van *Corylus* (hazelaar) en *Quercus* (eik) is relatief hoog. Pollen van *Cerealia* (vooral rogge) is al aanwezig. Zone 1 kan worden opgevat als een overblijfsel van een polleninfiltraat van een boomrijk landschap, waarvan de eigenschappen nog net niet zijn uitgewist door het jongere infiltraat van een heidevegetatie. Zone 2 is de palynologische vastlegging van een heidefase in het landschap. De percentages Ericaceae zijn dermate hoog dat alleen lokale aanwezigheid van de soort een verklaring kan zijn. Andere karakteristieken, zoals de lage boompollenpercentages en de aanwezigheid van *Spergula* (spurrie), *Compositae*, *Rumex* (zuring) en *Monoletae* (varens), duiden op een ruderaal landschap in de omgeving van de heide. De menselijke invloed blijkt uit de aanwezigheid van *Cerealia* (hoofdzakelijk rogge).

In het enkdek zijn ook weer twee zones te onderscheiden. Zone 3 wordt in de eerste plaats gekarakteriseerd door constant hoge pollenconcentraties, in de tweede plaats door onwaarschijnlijke kruidenassociaties. Op grond van de relatief hoge scores van *Cerealia*, Ericaceae, *Rumex* en *Sphagnum* zouden deze planten ter plaatse gegroeid moeten hebben wat ecologisch vrijwel uitgesloten is. De samenstelling van dergelijke spectra moet worden verklaard uit het mengsel dat op de bodem terecht komt. Dit mengsel is een optelsom van de lokale pollenneerslag (rogge en andere akkergewassen), de regionale pollenneerslag (vooral windbloeiërs onder de bomen en grassen) en de stuifmeelinhoud die met de opgebrachte plaggen wordt toegevoegd. De plaggen kunnen afkomstig zijn van



7. Profiel (2) van een enkeerdgrond op de oude akkers van Tungelroy.

de heide (Ericaceae) of uit beekdalen (*Rumex*) en moerassen (*Sphagnum*).

Zone 4 wordt gekarakteriseerd door lagere pollenconcentraties. De *Cerealia* tonen maximale percentages. Ericaceae en *Sphagnum* dalen in waarde. Ofschoon het aandeel van de *Cerealia* relatief toeneemt, is absoluut sprake van een daling van het aantal korrels per ml sediment. De relatieve stijging kan worden verklaard door afname van de hoeveelheid of kwaliteit plaggenmest waardoor het relatieve aandeel van Ericaceae en *Sphagnum* negatief wordt beïnvloed. De absolute daling van de pollenconcentraties wijst op een sterkere vermenging met minerale deeltjes. De verklaring hiervoor is dat intensivering van de landbouw bij gelijk blijvend of afnemend heide areaal de boeren noodzaakt niet alleen organisch materiaal te verzamelen, maar ook

humeus materiaal uit de A-horizont te benutten. Dit leidt enerzijds tot een relatief snelle ophoging van de akker, anderzijds tot een lichtere kleur van het bodemmateriaal.

Het diagram van de enkeerdgrond toont een pollenstratigrafie met onscherpe grenzen tussen de zones. Dit verschijnsel is in andere studies van enken ook waargenomen (Bakels, 1988; Behre, 1976; Van der Hammen, 1965; Van Mourik, 1987; Van Mourik, 1991b; Van Mourik en Ligtendag, 1988; Mûcher et al., 1989).

Interpretatie van een dergelijk pollendiagram vereist inzicht in enkele genetische aspecten van het profiel. In de eerste plaats moet duidelijk zijn op welke wijze pollen in bodemmateriaal wordt ingesloten en bewaard. Uit eerder onderzoek is komen vast te staan dat stuifmeel met ander organisch materiaal in de bio-actieve bodemzone wordt geconsumeerd door de bodemmicrofauna en ingesloten in excrementen (Van Mourik, 1987; 1991b). Deze zijn samengesteld uit niet of moeilijk omzetbaar organisch materiaal.

Excrementen zijn ideale micromilieus voor pollenconservering, omdat de compacte massa een lage zuurgraad heeft en omgeven wordt door een ingedroogde slijm laag die toetreding van zuurstof tegengaat. Transport van pollen in de bodem wordt verklaard door de mobilisatie en immobilisatie van (soms gefragmenteerde) bodemexcrementen. Bevindt een bepaald niveau van het profiel zich langere tijd in de bio-actieve zone, dan kan de concentratie van (pollenhoudende) excrementen toenemen. Vanuit dit niveau kunnen excrementen actief of passief in het onderliggende materiaal zakken, waardoor het beeld ontstaat van de sterk dalende concentratiecurve in de ABp- en C-horizonten onder het enkdek.

Ieder niveau van het enkdek maakt gedurende een periode deel uit van de bio-actieve (bovenste) zone voordat fossilisatie optreedt door begraving. Hoe trager de sedimentatie van het enkdek verloopt, hoe langer de bio-actieve periode van elk niveau duurt, hoe hoger de pollenconcentraties worden. Bio-activiteit leidt tot het

moment van fossiliseren tot een vermenging van oudere en jongere pollenassociaties (Van Mourik en Ligtendag, 1988) en zelfs van keramische fragmenten uit verschillende bewoningsfasen (Bakels, 1988). Dit verklaart de onscherpe grenzen tussen de pollenzones.

In de tweede plaats geven de pollenassociaties onvolledige informatie over de ecologische ontwikkeling omdat het moeilijk is om de soorten in de lokale en regionale pollenneerslag te scheiden van soorten in het opgebrachte materiaal. Uit eerder onderzoek (Van Mourik en Ligtendag, 1988) is duidelijk geworden dat de presentaties van akkerbouwgewassen in de pollenspectra niet in overeenstemming zijn met het oppervlaktebeslag van dezelfde gewassen. Dit komt door het enorme verschil in jaarlijkse stuifmeelproductie dat tussen verschillende soorten optreedt. De pollenspectra worden gedomineerd door hoofdzakelijk *Cerealia* (rogge) en in mindere mate *Fagopyrum* (boekweit) en *Spergula* (spurrie). Belangrijke gewassen als vlas, aardappelen en kool worden in de pollenspectra niet of nauwelijks teruggevonden vanwege de uiterst beperkte pollenproductie van deze soorten. Pollendiagrammen van enken leveren derhalve onvoldoende informatie voor een reconstructie van de landbouwgeschiedenis.

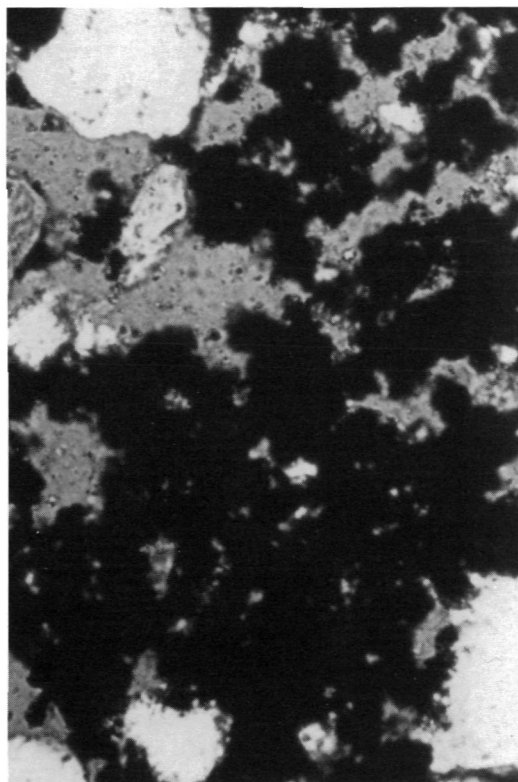
In de derde plaats is het uiterst wenselijk de interpretatie van een dergelijk profiel diagram te onderbouwen met absolute dateringen. Spek (1992) is van mening dat  $C_{14}$ -bepalingen voor de datering van enkdekken een uiterst beperkte waarde hebben. Door de menging van organische stof, aanwezig in pluggen van verschillende herkomst en ouderdom geven de  $C_{14}$ -bepalingen in de regel een overschatting van de ouderdom van de enk. Uit eerder onderzoek (Van Mourik et al., 1988) is gebleken dat koolstofdatering van humeuze grond fractionering van de aanwezige organische stof vereist. Door de gegevens van de juiste organische fractie te gebruiken, wordt de kwaliteit van de  $C_{14}$ -datering van het enkdek beter. Er worden in het bodemlaboratorium standaard 3 chemisch gedefinieerde organische

fracties afgescheiden:

1. De fulvozuurfractie (extraheerbaar in zowel zuur [HCl] als loog [KOH]);
2. De huminezuurfractie (alleen extraheerbaar in loog);
3. De residufractie (extraheerbaar in zuur noch loog).

Humuszuren en residuaire huminen zijn omzettingen van hoog molecuulair organisch materiaal, aangeleverd door de fauna in de vorm van strooisel op en wortels in de grond. De humuszuren mineraliseren relatief snel, de huminen traag. Gedurende de bio-actieve fase zullen de humuszuren zich voortdurend verjongen, terwijl de huminen (residuaire) accumuleren. De ouderdom van de niet-gemineraliseerde zuren benadert min of meer het moment van fossilisering, de ouderdom van de huminen overschat de ouderdom van dit moment. De fulvozuurfractie is voor dateringsdoeleinden minder geschikt, omdat fulvozuren mobiel zijn in zwak zure bodems waartoe ook de plaggenbodems behoren. Verjonging van deze fractie in een diepere fossiele laag door inspoeling van fulvozuren uit de hoger gelegen bio-actieve zone, zal de datering beïnvloeden.

De huminezuurfractie is beter geschikt voor datering van het moment van fossiliseren omdat huminezuren na fossilisatie immobiliseren. De residufractie (waartoe ook de stuifmeelkorrels behoren) bestaat uit organische componenten die niet snel mineraliseren en daardoor in de loop van een bodemactieve periode zullen accu-

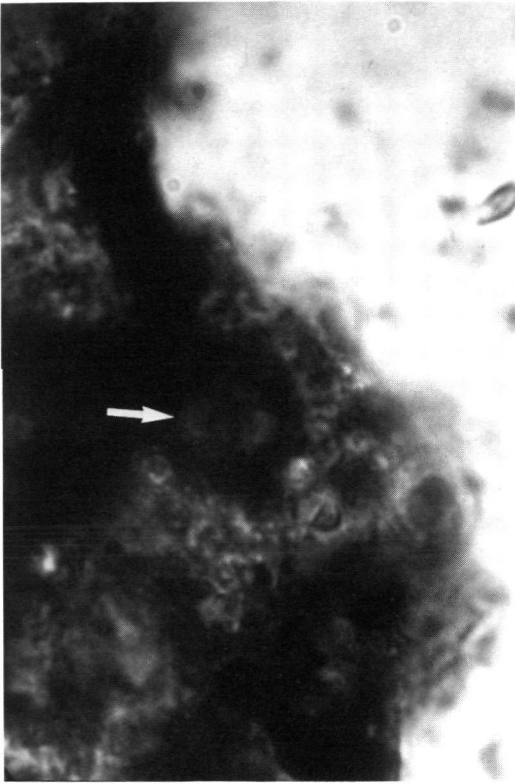


8. Microfoto van excrementele humus in de Aan-horizont van de enkeerdgrond, diepte 75 cm (vergrotingsfactor 40).

muleren. Datering van deze fractie geeft dus een oudere indruk dan het moment van fossiliseren van een bodemhorizont. Vooral deze fractie zal worden beïnvloed door de huminen die aanwe-

Tabel 2. C14-dateringen van het profiel Tungelroy

monstercode	horizont	diepte	fractie	14C	jaren BP
GrN-17365	Aan-2	65 cm	huminezuur	995	± 60
GrN-17364			residu	1390	± 120
GrN-17367	Aan-2	105 cm	huminezuur	1275	± 75
GrN-17366			residu	1640	± 80
GrN-17369	ABp	115 cm	huminezuur	1370	± 50
GrN-17368			residu	1580	± 110



9. Microfoto van een stuifmeelkorrel in een excrementeel humusaggregaat (aangegeven met het pijltje), diepte 75 cm (vergrotingsfactor 780).

zig zijn in opgebrachte plaggen en de omzetting in de bio-actieve zone van de enk opnieuw zullen overleven.

Een groot verschil in  $C_{14}$ -ouderdom tussen de huminezuurfractie en de residufractie van hetzelfde monster kan deels worden verklaard door huminen die afkomstig zijn uit oudere plaggen. Maar in de regel duidt dit verschil op een relatief lange periode van omzetting in de bio-actieve zone.

De resultaten van enkele koolstofdateringen staan samengevat in tabel 2. De uitkomsten zijn gegeven in jaren BP (Before Present). Calibratie is niet toegepast omdat meetresultaten worden vergeleken van verschillende organische fracties waarvoor geldt dat de invloed van de decomposi-

tie op de  $^{14}C$ - $^{12}C$  verhouding niet bekend is.

Het totaalbeeld van de dateringen van de enk is consistent en komt overeen met uitkomsten van soortgelijke profielen elders (Van Mourik, 1991b). De ouderdom van de huminezuurfractie is indicatief voor het moment van fossiliseren van het overeenkomstig niveau in de bodem. De datering van de huminezuurfractie uit de top van de ABp-horizont en de basis van de Aan-2 van het enkdek toont aan dat tussen 1370 en 1275 BP de vorming van het enkdek begon. Op grond van de pollenkarakteristieken van zone 2 kan worden vastgesteld dat voor de aanleg van (dit deel van) de enk van Tungelroy een heidevegetatie aanwezig was. De dateringen van de residufracties uit dezelfde horizonten toont een invers beeld, al liggen de data niet ver uit elkaar. Dit kan worden verklaard door er rekening mee te houden, dat gebruikte plaggen van de A-horizonten uit de omgeving een relatief grote hoeveelheid niet-omzetbare residuaire koolstof hebben toegevoegd aan de basis van de Aan-2.

Het pollendiagram toont aan dat voor de bemesting van de akker gedurende de sedimentatie van de Aan-2 zowel materiaal van de heide is gebruikt (Ericaceae) als uit de moerassen (Sphagnum). De na 995 BP ontwikkelde Aan-1 heeft een lichtere kleur en wordt gekenmerkt door lagere pollenconcentraties. In de pollenspectra neemt het relatieve aandeel van de Cerealia toe, van Ericaceae en Sphagnum af. Dit alles komt vermoedelijk door een intensivering van de plaggenbemesting, waardoor meer mineraal materiaal wordt opgebracht. Uit mondelinge informatie is bekend dat een deel van het jonge enkdek (Aan-2) op deze plaats door egalisatie is verdwenen. Deze horizont is vermoedelijk aanzienlijk dikker geweest.

Opvallend in de pollenconcentratiecurve van de enk is de afnemende dichtheid in het jongere deel. Dit duidt op een toenemende verdunning van de pollen-influx in het opgebrachte materiaal. Dat betekent dat de plaggenmest armer wordt aan pollenhoudend organisch materiaal en dus rijker aan zandkorrels. Dit weerspiegelt

intensievere afplagging, resulterend in zandverstuivingen. Zorgvuldig afplaggen van de organische laag leidt na omzetting van de organische stof op de enk tot een zeer geringe ophoging. Afplaggen tot in de minerale A-horizont leidt tot versnelde ophoging. Een eenduidige sedimentatiesnelheid van enkdekken kan derhalve niet worden berekend.

#### CONCLUSIES

De gebruikte indeling in Kootwijk-1, -2 en -3 is lokaal goed bruikbaar om de stratigrafische ontwikkeling van stuifzandgebieden te beschrijven. Over een groter gebied komen de dateringen niet altijd overeen.

In het bestudeerde landschap zijn de eerste tekenen van instabiliteit ouder dan de basis van het enkdek. De pollenspectra tonen aan dat deze instabiliteit al wel samenhangt met menselijke invloed. De landdegradatie die heeft geleid tot de afzetting van het oudere deel van de Kootwijk-1, moet dan ook worden toegeschreven aan systemen van landgebruik die vooraf gingen aan de plaggenlandbouw.

Op grond van de C<sub>14</sub>-dateringen van de huminezuurfracties ziet het er naar uit dat het oudere deel van het enkdek al is afgezet in de jongste fase van de Kootwijk-1. Gelet op de continuïteit in het afzettingstype, veroorzaakte de introductie van de plaggenlandbouw geen schok-effecten in de landschappelijke verhoudingen. Het is daarom waarschijnlijk dat de opkomst van deze landbouwmethode meer een geleidelijke ontwikkeling was binnen een bestaande landschapsstructuur. Een grootschalige ontginning die samenging met de introductie van plaggenlandbouw, zou zich anders in een pollendiagram manifesteren en moet daarom onwaarschijnlijk worden geacht.

Het afzettingmilieu van de Kootwijk-2 duidt op toenemende landschapsinstabiliteit. De afzetting van de Kootwijk-2 valt in de tijd vermoedelijk samen met het overgangstraject tussen de Aan-2- en Aan-1-horizont van het enkdek. In de periode waarin de Kootwijk-3 wordt afgezet,

neemt de landschapsinstabiliteit maximale vormen aan. Door de grootschalige zandverstuivingen ontstaan uiteindelijk de Tungeler Wallen. Ook in het profiel van de enk is deze fase van instabiliteit herkenbaar in de pollendichtheidscurve en de lichtere kleur van het bodemmateriaal. Uit deze waarneming blijkt bovendien dat de sedimentatiesnelheid van een enkdek in de tijd variabel is.

**Sand drifting and plaggen agriculture; a polycyclic soil profile, compared with a plaggen soil**  
*Sand drifting and plaggen agriculture are important factors in late holocene landscape development in the coversand district in northwest Europe. The landscape around Tungelroy (province of Noord-Brabant, the Netherlands) clearly shows the marks of these influences (fig. 1, 2 and 3).*

*Comparison of the radio carbon dates of a polycyclic profile in a sequence of sand deposits (fig. 4 and 5; table 1) and plaggen soil (fig. 6 and 7; table 2) suggests that sand drifting is closely related to degradation of the vegetation by plaggen digging. The pre-medieval drift sand deposits must be explained by other systems of land use, like shifting cultivation which affect the quality of forest and heath.*

*The pollen profile of the plaggen soil shows a stratification. The pollen content of this soil material can be explained by the incorporation and preservation of pollen grains in excrements, secreted by the soil micro fauna (fig. 8 and 9).*

*The interpretation of the pollenspectra of a plaggen soil is complicated by two factors. In the first place the pollen content is a mixture of the normal pollen influx and pollen, attested in added plaggen materials. In the second place the wind pollinated crop species are overrepresented whereas the insect pollinated species are very underrepresented in the spectra. A clear reconstruction of the agricultural history therefore is impossible.*

*A characteristic of pollen profiles of plaggen soils is the decrease of pollen density in the younger part of the anthropogenic horizon. This suggests an increase in the collection of organic matter.*

*In addition to the organic horizon, a part of the mineral A horizon was digged, resulting in an increased rise of the arable surface.*

*The base level of the anthropogenic horizon has been dated about 1300 BP. This figure was based upon radio carbon dates of the humine acid fraction of the organic matter. This fraction is expected to rejuvenate in the biologically active upper part of the A horizon up to the moment of fossilization. Radio carbon dates, based upon the humine fraction, overestimate the age of the horizon.*

#### LITERATUUR

- BAKELS, C.C. (1988). Pollen from plaggensoils in the province of North Brabant. In: W. Groenman-Van Waateringe and M. Robinson (eds). *Man made soils*. BAR International Series 410, pp. 34-54.
- BEHRE, K.E. (1976). Beginn und Form der Plaggenlandbouw in Nordwest-Deutschland nach pollenanalytischen Untersuchungen in Ostfriesland. In: *Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen* 10, pp. 197-224.
- CASTEL, I.I.Y. (1991). Late Holocene eolian drift sands in Drenthe (The Netherlands). Amsterdam/Utrecht, Nederlandse Geografische Studies 133. KNAG, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen Rijksuniversiteit Utrecht.
- HAMMEN, T. VAN DER (1965). De Klokkenberg bij Denekamp, een geo-palynologische studie van een Twentse es. *Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen.* 82, pp. 123-134.
- KOSTER, E.A. (1978). De stuifzanden van de Veluwe. Amsterdam, Publikaties van het Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam 27.
- MOURIK, J.M. VAN (1987). Laat glaciaal veen en holoceen stuifzand bij de Peelbreuk tussen Nistelrode en Uden. *KNAG Geografisch Tijdschrift* 21, pp. 421-436.
- MOURIK, J.M. VAN (1988). De ontwikkeling van een stuifzandgebied. In: J.M. van Mourik (red.). *Landschap in beweging; ontwikkeling en bewoning van een stuifzandgebied in de Kempen*. Amsterdam, Nederlandse Geografische Studies 74. KNAG/Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, pp. 5-42.
- MOURIK, J.M. VAN (1991a). Zandverstuivingen en plaggenlandbouw; het bodemarchief van de Peelterbaan. *Historisch-Geografisch Tijdschrift* 9, pp. 88-95.
- MOURIK, J.M. VAN (1991b). Spuren von Plaggenlandbau im Gebiet der Schleswiger Landenge. *Offa* 47, pp. 169-176.
- MOURIK, J.M. VAN EN W.L. LIGTENDAG (1988). De overstoven enk van Nabbegat (gemeente Zeeland). In: *KNAG Geografisch Tijdschrift* 22, pp. 412-420.
- MOURIK, J.M. VAN, P.E. WARTENBERGH, W.G. MOOK EN H.J. STREURMAN (1988). Absolute datering van humeuze horizonten in paleosolen. In: J.M. van Mourik (red.). *Landschap in beweging; ontwikkeling en bewoning van een stuifzandgebied in de Kempen*. Amsterdam, Nederlandse Geografische Studies 74. KNAG/Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, pp. 43-57.
- MÜCHER, H.J., R.T. SLOTBOOM EN W.J. TEN VEEN (1989). Een enkeerdgrond palynologisch ontsloten. In: *KNAG Geografisch Tijdschrift* 23, pp. 109-118.
- SPEK, T. (1992). The age of plaggen soils; an evaluation of dating methods for plaggen soils in the Netherlands and Northern Germany. *Wageningen Studies in Historical Geography* 1, pp. 72-87.
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING (1972). *Bodemkaart van Nederland, blad 57 Oost, Valkenswaard (met toelichting)*. Wageningen, Pudoc.