:M EN LANDSCHAP

KWALITATIEF EN

KWANTITATIEF BEKEKEN

Opstellen gebundeld bij het afscheid van dr. ir. J. Schelling van de Stichting voor Bodemkartering



13/1197

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

BODEM EN LANDSCHAP KWALITATIEF EN KWANTITATIEF BEKEKEN

Eindredactie: E. C. W. M. Ruyten, P. van der Sluijs en A. A. de Veer

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0001 7398

pudoc

Pudoc Wageningen 1984

ISN 201402-04

CIP-gegevens

Bodem

Bodem en landschap kwalitatief en kwantitatief bekeken/eindred.: E. C. W. M. Ruyten, P. van der Sluijs en A. A. de Veer. – Wageningen: Pudoc. – Ill.
Met lit. opg. – Met samenvattingen in het Engels.
ISBN 90-220-0825-8
SISO 631.2 UDC 631.4
Trefw.: bodemkunde/landschapsonderzoek.

ISBN 90 220 0825 8

© Pudoc, Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1984.

Niets uit deze uitgave, met uitzondering van titelbeschrijving en korte citaten ten behoeve van een boekbespreking, mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze ook zonder schriftelijke toestemming van de uitgever Pudoc, Postbus 4, 6700 AA Wageningen. Voor alle kwesties inzake het kopiëren uit deze uitgave: Stichting Reprorecht, Amsterdam.

Gedrukt in Nederland.

Inhoud

Woord vooraf (R. P. H. P. van der Schans) 1

De lagere niveaus van de Nederlandse bodemclassificatie (G. G. L. Steur en H. de Bakker) 3
Inleiding 3
Indeling naar grondsoort 3
Indeling naar het koolzure-kalkgehalte 6
Indeling naar het bodemprofiel 7
Indeling naar textuur van de bovengrond 9
Indeling naar de grondwaterhuishouding 10
Samenvatting 11
Summary 12
Literatuur 13

Historisch-geografisch en cultuurhistorisch landschapsonderzoek: verleden en toekomst (J. A. J. Vervloet) 15
Inleiding 15
Enkele begrippen 15
Enkele toepassingen 17
Overzicht van de ontwikkelingen sinds 1946 18
Toekomstige ontwikkelingen 22
Samenvatting 22
Summary 23
Literatuur 23

Ontwikkeling van kwaliteitsonderzoek van bodemkaarten (B. A. Marsman en J. J. de Gruijter) 26
Inleiding 26
Het kwaliteitsbegrip bij bodemkaarten 27
Kwaliteitsonderzoek in het verleden 27
Onderzoek naar de doelmatigheid van karteringsmethoden 27
Recente ontwikkelingen in het kwaliteitsonderzoek 31
Discussie en samenvatting 33
Summary 34
Literatuur 34

1 MAART 1984

Bodemgegevens in digitale ruimte (S. W. Bie) 36
Dimensies in de bodemkunde 36
Dimensie 1: locatie 36
Dimensie 2: covariantie 37
Dimensie 3: informatie-overdracht 40
Conclusies 43
Naschrift 43
Samenvatting 43
Summary 44
Literatuur 44

Onderzoek van bodem en landschap: analyse en synthese (J. Schelling) 45
Inleiding 45
De kleinste bodemeenheid, het pedon, als correlatief complex 46
Kaartvlakken en kaarteenheden van de bodemkaart 48
Analyse en synthese in het bodemkundig onderzoek 50
Landschapsonderzoek bij Stiboka 50
Statische en dynamische kartering 53
Samenvatting 54
Summary 55
Literatuur 55

Bodemverontreiniging en bodemkartering: nieuwe wijn in oude zakken? (A. Breeuwsma) 56
Inleiding 56
Zware metalen 56
Nitraat 58
Fosfaat 59
Gevolgen voor kartering en onderzoek 61
Conclusie 64
Samenvatting 64
Summary 65
Literatuur 65

De landschappelijke verschijningsvorm van bodemeenheden (A. A. Buitenhuis en A. A. de Veer) 67
Inleiding 67
Bodem- en landschapskartering bij Stiboka, vroeger en nu 67
Aanzet tot kwantitatief onderzoek naar de verschijningsvorm van bodemeenheden 70
Discussie 74
Samenvatting 75
Summary 76
Literatuur 76

Dichtheid van Nederlandse zandgronden (C. Hoekstra en J. N. B. Poelman) 78
Inleiding 78
Praktische betekenis van de dichtheid van de grond 78
Onderzoekmethode 80
Resultaten 80
Samenvatting 84
Summary 84
Literatuur 84

Structuuronderzoek in relatie tot de bodemkaart (M. J. Kooistra, A. Jager, O. H. Boersma en D. Schoonderbeek) 86
Inleiding 86
Opbouw van het structuuronderzoek 86
Methodiek 90
Resultaten 91
Samenvatting 93
Summary 94
Literatuur 94

Naar geïntegreerde computertoepassingen bij Stiboka (J. van Kuilenburg) 96
Inleiding 96
Informatieverwerking in de afgelopen jaren 96
Huidige toepassingsgebieden 98
Technische aspecten 102
Projectuitvoering 103
Integratie 103
Verdere ontwikkelingen 104
Samenvatting 104
Summary 105
Literatuur 105

Woord vooraf

R.P.H.P. van der Schans

Dit boek geeft een beeld van recente ontwikkelingen in enkele takken van onderzoek bij de Stichting voor Bodemkartering (Stiboka). Het is uitgegeven ter gelegenheid van het afscheid van de adjunct-directeur van het instituut, dr.ir. J. Schelling, op 1 februari 1983.

Dr. Schelling gaf vanaf 1958 leiding aan een belangrijk deel van het onderzoek bij Stiboka, eerst bij de afdeling Specialistisch Onderzoek en daarna bij de hoofdafdeling Bodem, die vanaf 1975 de hoofdafdeling Bodem en Landschap heet. Sinds 1974 combineerde Schelling deze werkzaamheden met het adjunct-directeurschap van Stiboka.

De vijf eerste artikelen van dit boek zijn de schriftelijke versies van de lezingen die zijn gehouden op de officiële afscheidsdag van dr. Schelling op 21 april 1983 in het Internationaal Agrarisch Centrum te Wageningen. De overige vijf artikelen geven een verbreding van het onderzoeksbeeld van Stiboka. Te zamen geven ze een bijna volledig overzicht van het werk dat onder Schellings leiding binnen de hoofdafdeling Bodem en Landschap is en wordt verricht. In verschillende artikelen worden bovendien verbindingen gelegd met datgene wat in de twee andere hoofdafdelingen, Karteringen en Toepassingen, wordt onderzocht. Twee artikelen zijn gedeeltelijk of geheel door medewerkers uit die hoofdafdelingen geschreven (Steur & De Bakker, Hoekstra & Poelman).

We kunnen de artikelen in dit boek ruwweg in drie groepen verdelen: die over bodemonderzoek, over landschapsonderzoek, en over gegevensverwerking en kwaliteitsonderzoek. Het artikel van Schelling zelf gaat op al deze onderwerpen in en is, niet alleen vanwege de titel, op te vatten als een synthese.

Steur & De Bakker dalen af van de hogere niveaus van de bodemclassificatie, die in het bijna klassieke Rode Boekje vastliggen, naar de lagere niveaus. Ze noemen vijf elementen als mogelijkheden voor uitbouw van de classificatie op familie- en serieniveau, te weten grondsoort, kalkverloop, profielverloop, textuur van de bovengrond, en grondwatertrap. Het laatste element is door zijn veranderlijkheid echter moeilijk toe te passen in de bodemclassificatie. In zijn artikel over bodemverontreiniging en bodemkartering geeft Breeuwsma aan dat de indeling van Nederlandse gronden met enkele uitbreidingen een goed uitgangspunt is voor het bodembeschermingsonderzoek. De kation-uitwisselingscapaciteit van de grond kan uit de bodemkaart worden afgeleid, evenals het fosfaatbindend vermogen. Kooistra, Jager, Boersma & Schoonderbeek laten zien dat er verband bestaat tussen de bodemkaart en de zogenaamde structuurprofielenkaart. Deze laatste kaart geeft een beeld van de verticale opeenvolging van structuurtypen in het bodemprofiel. De dichtheid van Nederlandse zandgronden en de praktische betekenis ervan worden behandeld door Hoekstra & Poelman. Significante verschillen

in dichtheid treden op tussen natte en droge gronden, tussen gronden met een verschillend organische-stofgehalte, en tussen de bodemhorizonten.

Vervloet beschrijft, na een inleiding over de plaats van de historische geografie, het werk van de afdeling Historische Geografie en Cultuurhistorisch Landschapsonderzoek bij Stiboka. Stond dit werk voorheen vooral in dienst van de bodemkartering, thans komt men met eigen kaarten waarvan de patronen van nederzettingen, kavels en ontsluiting, en hun ontwikkeling door de tijd zijn af te lezen. Er blijft echter een nauwe band met de bodemkartering bestaan, onder meer door de aandacht voor de reconstructie van het natuurlijk substraat. Buitenhuis & De Veer analyseren in hun artikel de visuele openheid van een eenheid van de bodemkaart, schaal 1:50000, namelijk een bepaalde groep enkeerdgronden. Zowel op verschillende plaatsen in het land als door de tijd heen blijken vrij grote verschillen in landschapsbeeld op te treden. De schrijvers pleiten voor meer kwantitatief onderzoek bodem-landschapsbeeld in het kader van een geïntegreerd informatiesysteem.

Marsman & De Gruijter geven op basis van ervaringen in het zogenaamde Larenproject aan, dat onderzoek naar de kwaliteit van bodemkaarten verband dient te houden met de bruikbaarheid van deze kaart voor specifieke toepassingen. Zo zegt de homogeniteit van een kaartvlak met betrekking tot de geschiktheid voor een bepaald gebruik meer dan het vroeger nogal eens genoemde 'zuiverheidspercentage'. De groeiende hoeveelheid bodemkwaliteitsgegevens zou in een informatiesysteem kunnen worden opgenomen. De auteur Bie zette in de late jaren zeventig bij Stiboka het Informatiesysteem Aardwetenschappen op; thans is hij werkzaam bij de Norsk Regnesentral in Oslo. Hij pleit in zijn artikel voor het in beschouwing nemen van nieuwe dimensies in de bodemkunde. Daarbij gaat hij in op de geodetische precisie van bodemkaarten, op covariantiestudies over bodemkundige en andere factoren en tenslotte op de vervanging van traditionele bodemclassificaties door kwantitatief vastgelegde 'klasse-omhullingen'. Van Kuilenburg geeft een breed overzicht van wat tot nu toe bij de automatisering van de bodemkartering en verdere gegevensverwerking bereikt is. Archieven, kartografie, gebruik van statistiek en bodem-simulatiemodellen passeren de revue. Hierbij is een tendens naar integratie van bestanden zichtbaar aan het worden.

Schelling begint zijn artikel met een terugblik op de synthese in de tijd van Edelman. Dan beschrijft hij de ontwikkelingen van het onderzoek in meer analytische richting: geomorfologie, cultuurhistorisch, oecologisch en fysiognomisch landschapsonderzoek naast de bodemkartering en het bodemonderzoek. Nu wordt gezocht naar nieuwe wegen van synthese met als doel: gerichte integratie op exacte basis.

Documentatie

De lagere niveaus van de Nederlandse bodemclassificatie

G.G.L. Steur en H. de Bakker

Inleiding

In het Systeem van bodemclassificatie voor Nederland zijn alleen de vier hoogste niveaus uitgewerkt, zoals blijkt uit de ondertitel van de publikatie van De Bakker & Schelling (1966): 'De hogere niveaus'. De drie hoogste niveaus (orde, suborde, groep) zijn nog vrij abstract; een zekere concretisering vindt plaats op het laagst uitgewerkte niveau, namelijk dat van de subgroep. Dit wordt versterkt door de naamgeving, die hier haar uiteindelijke vorm krijgt.

Een van de doeleinden van een systeem van bodemclassificatie is, dat het als basis en referentiekader kan dienen voor legenda's van bodemkaarten (De Bakker, 1970). Het subgroepniveau is nog onvoldoende gedetailleerd om deze taak te vervullen. Weliswaar geven De Bakker & Schelling (1966, p. 25 en 26) een aantal randvoorwaarden en elementen voor de onderverdeling van de subgroepen aan, maar de uitwerking hiervan tot kaarteenheden is pas in de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, uitgevoerd (Steur, 1966).

De volgende paragrafen geven een overzicht van de elementen die bij de uitwerking gebruikt zijn: grondsoort, kalk- en profielverloop, zwaarte van de bovengrond, en grondwaterhuishouding.

Indeling naar grondsoort

In het Systeem van bodemclassificatie is de grondsoort gebruikt:
– op ordeniveau om de veengronden (orde 1) te scheiden van de minerale gronden (orde 2-5);
– op groepniveau in de orden 2, 4 en 5: moerige podzolgronden en niet-moerige podzolgronden;
zandeerdgronden, kleieerdgronden, krijteerdgronden en moerige eerdgronden;
zandvaaggronden en kleivaaggronden;
– op subgroepniveau: zanddekken tegenover (zavel- en) kleidekken in de veengronden (orde 1) en de podzolgronden (orde 2).

De Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, is een eigen weg gegaan bij de indeling naar grondsoort. In feite is de grondsoort in de legenda gesuperponeerd op het ordeniveau als een soort superorde, die de naam hoofdklasse heeft gekregen. Meestal blijkt de grondsoort direct uit de naam van de hoofdklasse, echter niet altijd (tabel 1).

De indeling naar grondsoort in de legenda sluit aan bij de Nederlandse traditie, waarmee men van ouds vertrouwd is door schoolkaarten, atlassen en eerdere bodemkaarten, onder andere die op de schalen 1:400000 (Edelman, 1950), 1:200000 (Stichting voor Bodemkartering, 1960) en 1:600000 (Atlas van Nederland, 1963-1977; blad IV-12, 1964).

Uit tabel 1 blijkt dat de indeling naar grondsoort in de legenda evenmin als in de bodemclassificatie op één enkel niveau is gehanteerd. Bij de hoofdklassen brikgronden en dikke eerdgronden is de indeling naar grondsoort pas een onderverdeling van de hoofdklasse.

Bij de niet-gepodzoleerde zandgronden wordt in de hoofdklasse tegelijk met de grondsoort het koolzure-kalkgehalte als indelingscriterium gebruikt. Er wordt immers gesproken van kalkhoudende en kalkloze zandgronden (tabel 1). Bij de zavel- en kleigronden

Tabel 1. Grondsoortenindeling op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000.

Grondsoort	Hoofdklasse	Onderverdeling
veen	veengronden	eerdveengronden rauwveengronden
dun veen op mineraal	moerige gronden	moerige podzolgronden moerige eerdgronden
zand	podzolgronden	moderpodzolgronden humuspodzolgronden
	kalkloze zandgronden	eerdgronden vaaggronden
	kalkhoudende zandgronden	eerdgronden vaaggronden
klei	niet-gerijpte gronden	zeekleigronden rivierkleigronden
	zeekleigronden	eerdgronden vaaggronden
	rivierkleigronden	eerdgronden vaaggronden
	oude kleigronden	eerdgronden vaaggronden
leem[1]	leemgronden	eerdgronden vaaggronden
klei, leem[1]	brikgronden	oude kleibrikgronden leembrikgronden
zand, klei, leem[1]	dikke eerdgronden	dikke zandeerdgronden dikke kleieerdgronden dikke leemeerdgronden

1. Onder leem is hier uitsluitend eolisch materiaal verstaan.

is dat niet het geval. Daar wordt op hoofdklasseniveau onderscheid gemaakt naar de herkomst van het sediment in zeekleigronden, rivierkleigronden, oude rivierkleigronden en leemgronden (eolisch lutumrijk moedermateriaal).

De grondsoort veen is ook in de bodemclassificatie op het hoogste niveau als orde 1 onderscheiden. In de legenda zijn de subgroepen onderverdeeld naar de veensoort. Dit onderscheid is van belang, omdat er verband bestaat tussen de veensoort en verschillende bodemeigenschappen (tabel 2).

Tabel 2. Enkele eigenschappen van veensoorten (naar Vos, 1982/83).

Veensoort	Milieu	Organische stof (%)	C/N	Minerale delen	Doorlatendheid
Bosveen	eutroof (zoet)	30-80	15-25	klei	groot
Zeggeveen	mesotroof	60-90	15-30	zand	matig
Veenmosveen	oligotroof	80-100	50-70	–	gering
Rietveen	eutroof (zoet – brak)	30-60	15-30	klei	(zeer) groot

Discussie

Een onderverdeling naar grondsoort op enig niveau van de bodemclassificatie ligt voor de hand, gezien de praktische betekenis, de historische ontwikkeling en de prioriteit van de onderscheiding op allerlei bodemkaarten. Voor de onderverdeling zou het eerste niveau beneden dat van de subgroepen in aanmerking komen. In navolging van de Amerikaanse bodemclassificatie (Soil Survey Staff, 1975) zou men dit niveau het *familieniveau* (family level) kunnen noemen.

Daarbij zijn enkele aantekeningen te plaatsen:

– Bij de veengronden (orde 1) zou de veensoort als nadere onderverdeling van de grondsoort kunnen worden gebruikt, eventueel aangevuld met een indeling naar de aard van de minerale ondergrond bij relatief dunne en daardoor moeilijk te herkennen veenlagen.

– Bij de podzolgronden (orde 2) bestaat weinig aanleiding om het onderscheid zandgronden tegenover niet-zandgronden te maken, in verband met de zeer geringe verbreiding van deze laatste.

– Bij de brikgronden (orde 3) lijkt een onderverdeling op familieniveau in leembrikgronden (moedermateriaal löss) en oude-kleibrikgronden (oude rivierklei), zoals in de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, is toegepast, voor de hand te liggen. Het materiaal in beide sedimenten verschilt textureel sterk, de gronden hebben een andere profielopbouw en zijn geografisch duidelijk gescheiden.

– Bij de eerdgronden (orde 4) bestaat behoefte om nader onderscheid te maken binnen de moerige eerdgronden, namelijk in die met een zandondergrond en die met een kleion-

dergrond. Daarnaast is er al een afzonderlijke subgroep met een niet-gerijpte ondergrond (plaseerdgronden).
- Bij de eerdgronden en de vaaggronden is op groepniveau van de bodemclassificatie al onderscheid gemaakt in zandgronden tegenover (zavel- en) kleigronden. Bij deze laatste groep gaat de onderverdeling in de legenda vrij ver. Er is een indeling naar de omstandigheden van de sedimentatie, namelijk in zeekleigronden, jonge en oude rivierkleigronden en (eolische) leemgronden. Een dergelijke indeling lijkt ook op het familieniveau van de bodemclassificatie zinvol. De scheiding tussen zeeklei en rivierklei is moeilijk, getuige de vele verschillen in positie van de grens tussen beide grondsoorten op diverse geologische kaarten en bodemkaarten.
- Binnen de (kalkarme) poldervaaggronden (orde 5) in de zeeklei wordt onderscheid gemaakt tussen 'normale', 'knippige' en 'knip'gronden. Gezien de controversiële opvattingen, ook binnen de eigen dienst, zal nader onderzoek moeten uitwijzen of dit onderscheid moet of kan worden gehandhaafd.

Indeling naar het koolzure-kalkgehalte

Een onderscheid naar het koolzure-kalkgehalte en de veranderingen daarin met de diepte, het zogenaamde kalkverloop, is alleen van belang bij gronden die niet uitsluitend kalkloos zijn, namelijk bij de niet-gepodzoleerde zandgronden, de zeekleigronden en de rivierkleigronden.

Bij de dikke eerdgronden is geen onderscheid gemaakt, omdat kalkhoudende bovengronden en geheel kalkhoudende profielen maar weinig voorkomen. Bij de niet-gerijpte minerale gronden is geen onderverdeling gemaakt, omdat vrijwel al deze buitendijkse gronden kalkrijk zijn. De gronden van de overige hoofdklassen (o.a. podzolgronden en leemgronden) worden geacht geheel kalkloos te zijn.

Bij de zandgronden geeft het onderscheid in kalkverloop aanleiding tot het formeren van twee hoofdklassen:
- kalkhoudende zandgronden (code op de kaart Z...A),
- kalkloze zandgronden (code Z...).

Tot de kalkhoudende zandgronden behoort onder andere een deel van de duinen en van de zeezandgronden; tot de kalkloze vrijwel alle pleistocene zandgronden, de stuifzanden, een deel van de zeezanden en van de duinen.

Bij de zee- en rivierkleigronden is de onderverdeling naar kalkverloop binnen de hoofdklasse aangegeven.

In de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, worden drie kalkverlopen onderscheiden (Steur & Heijink, 1980, p. 18):
- kalkverloop a: kalkrijk (hoogstens oppervlakkig kalkloos);
- kalkverloop b: kalkarm;
- kalkverloop c: kalkloos.

De drie kalkverlopen zijn steeds tot twee kalkverloopklassen (code A en code C) gecombineerd. Bij de rivierkleigronden is deze tweedeling anders dan bij de zeekleigronden (tabel 3).

Tabel 3. Indeling, codering en benaming van de gronden naar het kalkverloop op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000.

Kalkverloop			Code op de bodemkaart	Benaming
a kalkrijk	b kalkarm	c kalkloos		
Zeekleigronden (m)				
x			)	
x	en x		) ....A	kalkrijke zeekleigronden
	x		)	
	x	en x	) C	kalkarme zeekleigronden
		x	)	
Rivierkleigronden (r)				
x			)	
	x		)	
x	en x		) ....A	kalkhoudende rivierkleigronden
x	en x	en x	)	
	x	en x	)	
		x	) C	kalkloze rivierkleigronden

Discussie

In de karteringspraktijk is de onderscheiding van twee (verschillend gedefinieerde) kalkverloopklassen (code A en code C) effectief en voldoende gebleken. Voor de landbouw is het onderscheid van belang voor de bodemstructuur en voor de bosbouw vanwege de houtsoortenkeuze.

Het koolzure-kalkverloop is, gezien de uitgebreide toepassing in de legenda, zeker een bouwsteen van belang op een van de lagere niveaus van de bodemclassificatie. Het past goed op hetzelfde niveau (familieniveau) als de grondsoort, omdat het er gedeeltelijk parallel mee loopt. Een tweedeling naar kalkverloop in de classificatie, min of meer analoog aan die van de legenda, lijkt voor de hand te liggen.

Indeling naar het profielverloop

Onder profielverloop verstaan we veranderingen in de aard en de samenstelling van het moedermateriaal met de diepte. Deze indeling is typerend voor een land met veel fluviatiele en mariene afzettingen, waar als gevolg van voortdurende wijzigingen in sedimentatieomstandigheden ook steeds veranderingen in de afzetting optreden.

In het Systeem van bodemclassificatie is de verandering in moedermateriaal aanleiding tot het onderscheiden van subgroepen voor:
– moerige ondergronden bij minerale gronden en
– niet-gerijpte ondergronden.
Voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, was dit niet voldoende. Binnen de zeeklei- en rivierkleigronden zijn daar vijf profielverlopen onderscheiden (voor de volledige definities zie Steur & Heijink, 1980, p. 16-18):
- Profielverloop 1: zavel en klei op veen, beginnend tussen 40 en 80 cm. Dit verloop is identiek met een onderscheiding op subgroepniveau en is dus overbodig.
– Profielverloop 2: zavel en klei op zand, beginnend tussen 25 en 80 cm; uitgezonderd kleiig uiterst fijn zand.
– Profielverloop 3: zavel en klei op een tussenlaag van niet-kalkrijke zware klei die begint tussen 25 en 80 cm.
– Profielverloop 4: zavel en klei op een niet-kalkrijke zware kleiondergrond, beginnend binnen 80 cm.
– Profielverloop 5: alle overige zavel- en kleiprofielen, aflopend, oplopend, homogeen of met dunne 'storende lagen' die niet voldoen aan de eisen van profielverloop 1-4.
Op grotere kaartschalen worden deze profielverlopen soms verder onderverdeeld; op de Bodemkaart, schaal 1:50000, zijn daarentegen de profielverlopen 3 en 4 bijna steeds samengevoegd.

Bij de zandgronden (met inbegrip van de podzolgronden) zijn geen profielverlopen in strikte zin onderscheiden. Daar zijn veranderingen in het moedermateriaal met de diepte aangegeven door toevoegingen:
– ...*w*: dunne moerige laag, beginnend tussen 40 en 80 cm;
– ...*v*: moerige ondergrond, beginnend dieper dan 80 cm;
– ...*n*: niet-gerijpte ondergrond, beginnend tussen 40 en 120 cm;
– ...*x*: keileem of potklei, beginnend tussen 40 en 120 cm;
– ...*t*: andere oude klei, beginnend tussen 40 en 120 cm;
– ...*g*: grof zand (en/of grind), beginnend tussen 40 en 120 cm onder een fijnzandige bovengrond

Discussie

De indeling in vijf profielverlopen sluit aan bij de fysiografische indelingen uit de school van Edelman. In dat systeem maakte men onderscheid naar profielopbouw op geografische en sedimentologische basis, waarbij eenheden ontstonden als klei-op-veen, heibaan, schorgrond, plaatgrond, stroom-op-kom, knip-op-kwelder enz.

Ook de profielverlopen in zavel- en kleigronden zoals die thans worden gebruikt, zijn vooral bepaald door de wens daaruit de sedimentatiegeschiedenis te kunnen aflezen. In verband met het algemene streven naar morfometrie is een exacte omschrijving gegeven. Zo zijn de (vage) klei-op-veengronden vervangen door het gedefinieerde profielverloop 1, de plaatgrond door de poldervaaggrond met profielverloop 2, de knip-op-kwelder en de kom-op-stroom door de poldervaaggrond met profielverloop 3. Daarbij is enige rekening gehouden met de fysische eigenschappen die uit de profielopbouw

volgen. Zo is getracht in profielverloop 2 de verdrogende zavel- en kleigronden bijeen te brengen en in profielverloop 3 de gronden met de destijds in zwang zijnde 'mogelijkheden tot diepploegen'.

Recente onderzoekingen naar de fysische eigenschappen die samenhangen met het textuurverloop, zoals bewortelbare diepte, vochtleverend vermogen, capillaire stijghoogte e.d., hebben geleid tot andere inzichten. Zo hebben onder andere Dekker et al. (1981) aangetoond dat zowel komklei als knipklei (profielverloop 3 en 4) beter doorlatend zijn dan voordien werd aangenomen; uiterst fijnzandige ondergronden (uitgesloten uit profielverloop 2) zijn juist veel slechter doorlatend en bovendien is hun bergingsvermogen (zeer) klein. Daarom zijn de thans gebruikte profielverlopen in zavel- en kleigronden minder geschikt als indelingscriteria voor een bodemclassificatiesysteem.

De onderscheiding van profielverlopen in zandgronden door toevoegingen is in de karteringspraktijk bevredigend gebleken. Het gaat hier echter alleen om zeer grote verschillen in moedermateriaal. Kleinere textuurverschillen in zand, vooral in leemgehalte en in zandgrofheid, zijn echter van grote invloed op het vochtleverend vermogen. Dit blijkt uit modelvoorstellingen zoals die zijn ontwikkeld door onder andere Feddes et al. (1978) en De Laat (1980).

Met behulp van clusteranalyse (De Gruijter, 1977) hebben Van Holst en De Gruijter in een nog niet gepubliceerd onderzoek geprobeerd een klasseïndeling naar textuurverloop te verkrijgen op basis van leemgehalte en grofheid van het zand (M50). De spreiding bleek echter groot. Een onderzoek naar de karteerbaarheid is (nog) niet gedaan.

De voorzichtige conclusie zou moeten luiden dat de gebruikte indelingen naar profielverloop minder geschikt zijn voor een laag niveau van het Systeem van bodemclassificatie. Nader onderzoek dat rekening houdt met moderne inzichten in de bodemfysica, zou kunnen leiden tot een verbeterde indeling, zowel voor zavel- en kleigronden als voor zandgronden. Een dergelijke indeling zou beneden het familieniveau als *bodemserie* kunnen worden gebruikt. Voorwaarde is een zekere samenhang met de elementen van hoger niveau, zodat 'herkenbare' eenheden gevormd worden, zoals bij de series uit de Angelsaksische systemen. Dan zou ook bij ons een 'seriebegrip' kunnen ontstaan, als basis voor de legenda van bodemkaarten. Het ontbreken van dit begrip vindt zijn oorzaak waarschijnlijk in de oorspronkelijk sterk fysiografisch gerichte indelingen, waarbij de nadruk op de hogere niveaus ligt. Het seriebegrip zou bevorderd worden als ook de nomenclatuur daarbij aansluit.

Indeling naar de textuur van de bovengrond

Een indeling naar de zwaarte van de bovengrond wordt op alle bodemkaarten gemaakt. Als basis voor de Nederlandse indelingen gelden de beide textuurdriehoeken die door De Bakker & Schelling (1966, blz. 52-58) zijn geïntroduceerd. Deze textuurindeling (fig. 1) is vrij eenvoudig van opzet, maar het aantal onderscheidingen op de Bodemkaart, schaal 1:50000, is veel groter en ingewikkelder (door samenvoeging van textuurklassen op verschillende manieren). Op gedetailleerde kaarten is de indeling vaak nog uitgebreider.

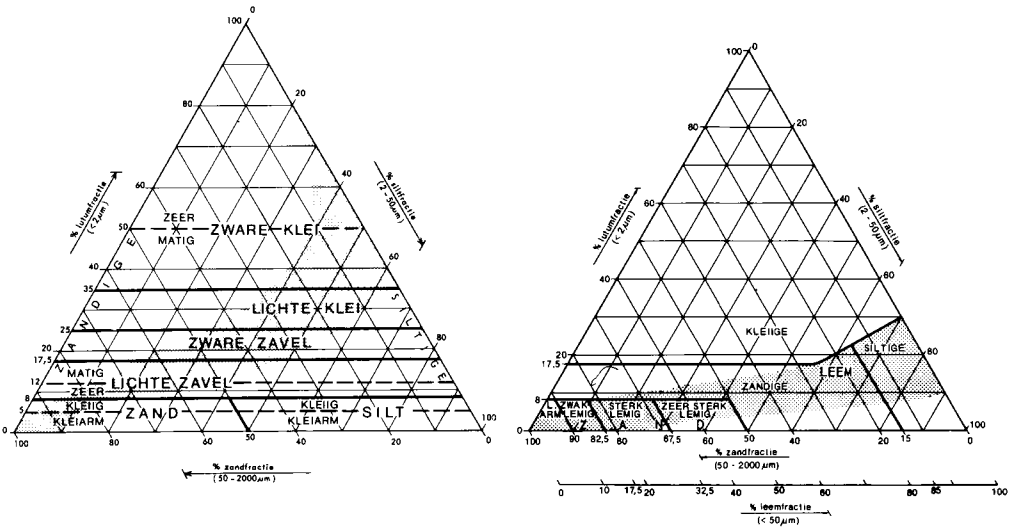


Fig. 1. Indeling en benaming van de textuur bij niet-eolische afzettingen (links, kleidriehoek) en bij eolische afzettingen (rechts, leemdriehoek). Het merendeel van de grondmonsters ligt in de twee grijze zones.

Discussie

Een indeling in een beperkt aantal zwaarteklassen van de bovengrond vormt in combinatie met het profielverloop een goede basis voor het laagste niveau van het Systeem van bodemclassificatie, de serie. Een verdere onderverdeling leent zich veel meer voor een gebruik als fase in een legenda. Dat maakt het mogelijk de indeling te laten afhangen van de lokale mogelijkheden en wensen. Een uniforme basisindeling is wenselijk. De toegepaste tweedeling in naamgeving en indeling (fig. 1), zoals die thans in Nederland wordt gebruikt, is lastig en maakt omzettingen in buitenlandse indelingen nodeloos ingewikkeld.

Indeling naar de grondwaterhuishouding

Het Systeem van bodemclassificatie kent vanaf het subordeniveau een tweedeling naar de waterhuishouding met behulp van zogenaamde hydromorfe kenmerken in:
- hydrogronden en
- xerogronden.

De mens heeft echter vrijwel overal de oorspronkelijke ontwatering sterk beïnvloed, in het bijzonder bij de hydrogronden. Daardoor zijn de hydromorfe kenmerken geen aanduiding van de *actuele* waterhuishouding. Om deze belangrijke informatie te kunnen geven, heeft de Stichting voor Bodemkartering een indelingssysteem voor de bestaande

Tabel 4. Grondwatertrappenindeling.

Grondwatertrap:	I	II[1]	III[1]	IV	V[1]	VI	VII[2]
GHG in cm beneden maaiveld	–	--	<40	>40	<40	40-80	>80
GLG in cm beneden maaiveld	<50	50-80	80-120	80-120	>120	>120	–

1. Een * achter deze Gt-codes betekent 'droger deel'. Om de gedachten te bepalen: met een GHG dieper dan 25 cm beneden maaiveld.
2. Een * achter deze Gt-code duidt op een 'zeer droog deel', waarbij de GHG dieper dan 140 cm wordt verwacht.

grondwaterfluctuatie ontwikkeld (o.a. Van der Sluijs, 1982). De klassen ervan dragen de naam grondwatertrappen (tabel 4).

Discussie

De grondwaterhuishouding bepaalt in belangrijke mate mede het gedrag van een grond in diverse gebruikssituaties (Haans, 1979). Een indeling naar grondwatertrappen zou zeker een plaats in een systeem van bodemclassificatie dienen te hebben, te meer daar in een aanzienlijk deel van de Nederlandse gronden gedurende een (groot) deel van het jaar grondwater binnen 1 à 1,5 m voorkomt.

In de loop van de 25 jaar waarin met de grondwatertrappenindeling is gewerkt, is de mens voortgegaan met ingrijpen in de grondwaterhuishouding, onder andere bij ruilverkavelingen, afvoerverbeteringen van natuurlijke en kunstmatige waterlopen, toepassing van intensieve drainage, wateronttrekking voor drinkwater en industrieel gebruik. Dit heeft mede tot het besluit geleid de oudste bladen van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, te reviseren, vooral met betrekking tot de grondwatertrappen. Het eerste herziene blad (27 Oost Heerde) zal eind 1983 verschijnen.

De conclusie moet luiden dat in Nederland de grondwatertrap nauwelijks als een blijvende eigenschap kan worden beschouwd. Ondanks de grote praktische betekenis is deze factor niet geschikt voor differentiërend criterium op enig niveau van bodemclassificatie. De grondwatertrap dient als fase in de legenda van bodemkaarten te worden gehanteerd.

Samenvatting

Het Systeem van bodemclassificatie voor Nederland is slechts uitgewerkt voor de vier hoogste niveaus. Het laagste daarvan, de subgroep, is een goed uitgangspunt voor de indeling van kaarteenheden op middel- en grootschalige bodemkaarten. Het moet echter verder worden uitgewerkt.

Uit de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, zijn vijf elementen geanalyseerd op hun geschiktheid voor de uitbouw van de bodemclassificatie: grondsoort, koolzure-kalkverloop, profielverloop, textuur van de bovengrond en grondwatertrap.

Een grondsoortenindeling is bruikbaar als eerste onderverdeling van de subgroepen. Op dit zogenaamde familieniveau moeten onderscheidingen als zeekleigronden, oude en jonge rivierkleigronden, leemgronden hun plaats vinden. Dergelijke onderscheidingen zijn in Nederland historisch bepaald, ze hebben landbouwkundige betekenis en zijn goed te definiëren en te karteren.

Een twee- of driedeling naar het koolzure-kalkverloop kan samen met de grondsoortenindeling gerealiseerd worden op het familieniveau. Er is aanleiding de indeling voor de zeekleigronden anders te maken dan voor de overige gronden (tabel 3). Landbouwkundig is de indeling van betekenis, onder andere voor de kalkbemesting.

Het profielverloop, zoals thans in gebruik bij zavel- en kleigronden, is minder geschikt. Herziening is nodig in verband met moderne bodemfysische inzichten. Profielverlopen in zand zijn van belang, maar nog onvoldoende ontwikkeld. In herziene vorm komt het profielverloop in aanmerking voor het serieniveau van de bodemclassificatie. Bij aanpassing van de nomenclatuur zou – in navolging van de Angelsaksische classificaties – een seriebegrip kunnen ontstaan, als basis voor legenda-indelingen.

Een eenvoudige textuurindeling van de bovengrond kan mede dienen voor de vorming van bodemseries. Nadere onderverdeling past beter als fase in een legenda. Een uniforme basisindeling, waarop men naar behoefte kan variëren, is nodig.

De indeling naar grondwatertrappen is een belangrijk gegeven op Nederlandse bodemkaarten. Voortdurend menselijk ingrijpen in de waterhuishouding maakt toepassing in de classificatie bezwaarlijk. Bodemkaarten verouderen daardoor ook betrekkelijk snel. Daarom is een begin gemaakt met de revisie van de Bodemkaart, schaal 1:50000.

Summary

The System of soil classification for the Netherlands (De Bakker & Schelling, 1960, summary p. 171) has been elaborated only for the four highest levels (order, suborder, group, subgroup). Mapping units on the Soil Map of the Netherlands, scale 1:50000, have been defined based on subgroups and on additional criteria. The purpose of this article is to evaluate these additional criteria as potential elements for lower levels of the classification. There are five groups of these criteria: parent material, variation of (calcium-)carbonate content and of texture with depth (so-called soil carbonate profile and soil texture profile), texture of the surface soil and fluctuation of the water table.

Parent material could be used as a first subdivision of the subgroups (family level). In the Netherlands parent materials are restricted to sediments, as fine textured holocene marine and fluviatile deposits, pleistocene fluviatile deposits, glacial till, loess and sand of various origin, composition and age. Subdivision according to this criterion is important for the classification of soil suitability. Parent material is used as a mapping unit since the middle of the 19th century. It can be well defined and has appeared to be mappable.

Subdivision according to carbonate profile is feasible at the same family level. In mapping practice a bipartition proved to be favourable, different for various parent materials. The subdivision is important e.g. for soil structure classification.

The texture profile as used on Dutch soil maps is less suitable. The existing texture profiles in medium and fine textured materials have to be redifined according to modern soil physical data. Texture profiles in sand, not yet distinguished, should be developed on the same basis. On these conditions texture profiles could form the series level of the classification. If recognizable units could be made, soil series would create a basis for mapping units as they do in various Anglo-Saxonian systems. Nomenclature should be adapted accordingly.

Texture of the surface soil in a limited number of classes is a typical unit of the series level. Further subdivision is a feature of mapping units. A standard classification and nomenclature is imperative (Fig. 1).

Fluctuation of the water table is a very important soil characteristic, especially in the Netherlands where large areas have ground water within 1 m to 1.50 m depth. Continuing human interference in soil drainage makes gley phenomena (as mottling) unfit to indicate moisture conditions. Therefore actual drainage is indicated on soil maps by water table classes (Table 4). The continuous changes in drainage cause a rapid obsolescence of soil maps, creating a need for revising the maps of the series, scale 1:50000.

Literatuur

Atlas van Nederland, 1963/1977. Samengesteld door de Stichting Wetenschappelijke Atlas van Nederland. Staatsdrukkerij- en Uitgeverijbedrijf, 's-Gravenhage.

Bakker, H. de, 1970. Purposes of soil classification. Geoderma 4: 195-208.

Bakker, H. de & J. Schelling, 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. Pudoc, Wageningen, 217 pp.

Dekker, L.W., J. Bouma & O.H. Boersma, 1981. De horizontale en verticale verzadigde doorlatendheid van zware kleilagen, gemeten met de kubusmethode. Cultuurtechn. Tijdschr. 21: 174-181.

Edelman, C.H., 1950. Inleiding tot de bodemkunde van Nederland. Noordholl. Uitg. Mij., Amsterdam, 178 pp.

Feddes, R.A., P.J. Kowalik & H. Zaradny, 1978. Simulation of field water use and crop yield. Simulation Monograph, Pudoc, Wageningen, 18 pp.

Gruijter, J.J. de, 1977. Numerical classification of soils and its application in survey. Diss. Wageningen. Pudoc, Wageningen, 117 pp.

Haans, J.C.F.M. (red.), 1979. De interpretatie van bodemkaarten. Rapport van de Werkgroep , Interpretatie Bodemkaarten. Stadium C. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, rapport nr. 1463.

Laat, P.J.M. de, 1980. Model for unsaturated flow above a shallow watertable applied to a regional sub-surface flow problem. Diss. Wageningen. Pudoc, Wageningen, 126 pp.

Sluijs, P. van der, 1982. De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop. H_2O 15: 42-46.

Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy. A basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. U.S. Dept. Agric., Agric. Handbook No. 436. U.S. Gov. Printing Office, Washington D.C., 754 pp.

Steur, G.G.L., 1966. De Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000. Enkele aspecten van de legenda-indeling en de nomenclatuur van de kaarteenheden. Boor en Spade XV: 43-58.

Steur, G.G.L. & W. Heijink, 1980. Algemene begrippen en indelingen. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 28 pp.

Stichting voor Bodemkartering, 1960. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:200000. Bennekom.

Vos, G.A., 1982/83. De doorlatendheid van veen en de interpretatie van bodemkaarten. Cultuurtechn. Tijdschr. 22: 243-254.

Documentatie

Historisch-geografisch en cultuurhistorisch landschapsonderzoek; verleden en toekomst

J.A.J. Vervloet

Inleiding

Deze bijdrage wil de achtergronden schetsen van het ontstaan van het historisch-geografisch en het cultuurhistorisch landschapsonderzoek bij de Stichting voor Bodemkartering. Daarbij zal blijken dat niet steeds op dezelfde wijze aan dit werk vorm werd gegeven en dat zich met de tijd aanzienlijke verschuivingen in het aandachtsveld hebben voorgedaan. Een klein vakgebied heeft het nadeel slechts aan weinigen bekend te zijn. Daarom zullen we eerst enkele begrippen verklaren. Dit uitstapje in 'het vak' zal mogelijk leiden tot het besef, dat beide disciplines geen geïsoleerd verschijnsel vormen, doch thuishoren in een algemeen maatschappelijk en wetenschappelijk kader waarvan de grondslagen reeds gedurende de negentiende eeuw zijn gelegd.

Enkele begrippen

Buitenstaanders schilderen de historische geografie niet zelden af als een vak dat zich bezighoudt met het brede grensgebied tussen geografie en geschiedenis of zelfs als een soort mengvorm van beide disciplines. Zo beschouwd is het een onderzoeksveld dat moeilijk valt af te bakenen en niet of nauwelijks is gestructureerd.

De historisch-geografen echter hebben minder moeite in deze schijnbare chaos orde te scheppen. De Engelse geograaf Darby onderscheidt vier combinaties van geografie en geschiedenis die volgens hem alle als historische geografie mogen worden aangemerkt. Min of meer in de vertaling van Gottschalk (1964) volgen hieronder de genoemde combinaties:

- geografie ten behoeve van de geschiedenis om historische ontwikkelingen te helpen verklaren;
- reconstructie van 'past geographies' (dwarsdoorsneden in de tijd), waarbij historisch materiaal geografisch wordt verwerkt;
- geschiedenis ten behoeve van de geografie, waarbij ontwikkelingen in chronologische volgorde worden behandeld;
- geografie van het verleden ten behoeve van de geografie van het heden, om dit heden beter te kunnen verklaren.

Inzicht in de verhoudingen tussen geschiedenis en geografie in de loop der tijden geeft ons de Belgische historicus en historisch-geograaf Verhulst (1970). Tot het begin van deze eeuw werd in West-Europa de historische geografie voornamelijk opgevat als

een historische bestuursgeografie, gericht op het samenstellen van historische atlassen waarin de reconstructie van de topografie en de grenzen van staatkundige en kerkelijke eenheden voorop stond. Daarna werd haar hoofdtaak een reconstructie van de 'fysische en menselijke geografie' van het verleden door middel van dwarsdoorsneden in de tijd. Wimmer, die in 1885 zijn 'Historische Landschaftskunde' deed verschijnen, introduceerde nieuwe baanbrekende begrippen als 'historische Naturlandschaft' en 'historische Kulturlandschaft' (Jäger, 1969). Dit geschiedde vanuit de optiek dat niet alleen de menselijke samenleving object is van historisch onderzoek, maar ook de omgeving waarin de mens verkeert.

Dat wil onzes inziens niet zeggen dat hiermee het domein van de historische geografie volledig is afgebakend. Het werkterrein omvat meer dan historische landschapskunde alleen. Historische geografie moet worden beschouwd als 'een vorm van geografie die zich bezighoudt met het bestuderen van de ruimtelijke patronen op het aardoppervlak, speciaal met hun ontwikkeling in de tijd of met het schetsen van de toestand waarin de ruimtelijke patronen zich bevinden op een bepaald tijdstip in het verleden' (Vervloet, z.j.). Afgezien van haar historische oriëntatie, sluit deze omschrijving volledig aan bij het arbeidsveld van de actuele geografie. Object van onderzoek zijn in principe alle ruimtelijke patronen, ook die welke zich aan directe oculaire waarneming onttrekken; 'in beginsel alle verschijnselen welke voortvloeien uit de betrekkingen tussen een bepaalde samenleving en haar woongebied' (Heslinga, 1962, p. 25 e.v.). Het betreft de studie van de ruimtelijke situering en structurering van het maatschappelijk gebeuren in zijn totaliteit. Dit laatste mag niet worden opgevat als een pleidooi voor de historische geografie als sociale wetenschap. Naast de sociale historische geografie met als object de ruimtelijke patronen als gevolg van menselijk handelen, moet ook plaats worden ingeruimd voor de fysische historische geografie, met als object de ruimtelijke patronen als gevolg van natuurlijke processen. Deze omvat de reeds eerder genoemde studie van het 'historische Naturlandschaft', de reconstructie van het natuurlijk substraat (paleogeografie en historische plantengeografie).

Met name binnen de 'historische Landschaftskunde', waar menselijk handelen en natuurlijke processen onderling sterk verweven zijn, zijn sociale en fysische historische geografie vaak sterk met elkaar verbonden. Als vanzelf dringt zich in dit verband de vraag aan ons op, hoe natuur en mens zich vanuit een geografische optiek tot elkaar verhouden. Dit probleem kan worden herleid tot de vraag wie wat beïnvloedt en hoe. We kunnen hierbij ten minste vier mogelijkheden onderscheiden:
- het menselijk handelen wordt bepaald door de eigenschappen van het natuurlijk substraat; dit is het zogenaamde fysisch determinisme;
- het menselijk handelen wordt bepaald door de ruimte die het natuurlijk substraat biedt. Het staat de mens vrij – binnen zekere marges – een keuze te maken (het 'possibilisme van de Franse geograaf Vidal de la Blache, 1845-1918);
- tussen het natuurlijk substraat en de mens bestaat een wisselwerking (interactie);
- het menselijk handelen is autonoom; de natuur is geheel aan de mens ondergeschikt gemaakt.

Hoewel het fysisch determinisme momenteel geen aanhang meer heeft, mag men zich in zekere zin gelukkig prijzen dat de geografie in het verleden hierdoor werd gedomineerd. Ofschoon eenzijdig gericht, impliceert deze benadering immers een onverbre-

kelijke band tussen de mens en zijn milieu. Hierdoor is de eenheid binnen de geografie bewaard gebleven. Dit holistische principe vormde de basis voor het ontstaan van de zogenaamde 'oecologische geografie', die de mens bestudeert in relatie tot zijn omgeving. Toen hieraan de fysisch-deterministische grondslag – het zogenaamde 'environnementalisme' (Claval, 1969) – ontviel, is aan de 'oecologische geografie' een nieuwe inhoud gegeven waarbij begrippen als 'possibilisme' en 'interactie' de boventoon gingen voeren.

Een probleem dat zich binnen deze, inmiddels 'klassiek' genoemde, beschouwingswijze voordoet, is het onderkennen en afwegen van de mate van vrijheid die de mens heeft om een keuze te maken uit de mogelijkheden die de natuur biedt. Het possibilisme is in het licht hiervan nog het duidelijkst te overzien: de natuur staat toe, de mens beslist. Door verbetering van technologie en organisatie worden de mogelijkheden verruimd. Op den duur kan de mens zelf het initiatief nemen en wordt hij 'veroorzaker' in plaats van 'kiezer'. Het possibilisme eindigt waar de natuur wordt onderworpen aan de naar eigen goeddunken handelende mens. Hiermee zijn overigens ook de grenzen overschreden van de 'oecologische geografie'.

De wisselwerking tussen natuur en mens is veel minder gemakkelijk te overzien. De mens vormt de natuur om tot een nieuw landschappelijk geheel met zowel natuurlijke als cultuurlijke eigenschappen die elkaar in meerdere of mindere mate hebben beïnvloed. Na herhaalde ingrepen valt moeilijk meer te bekijken hoe de wisselwerking is verlopen. Zicht op deze wisselwerking krijgt men pas, wanneer veranderingen in de ruimtelijke patronen en de krachten die tot deze veranderingen hebben geleid, systematisch in beeld worden gebracht. In de moderne – op de Westerse samenleving gerichte – geografiebeoefening is deze beschouwingswijze steeds verder naar de achtergrond verdrongen. In technisch hoog ontwikkelde landen is het omvormend vermogen van de mens zodanig toegenomen, dat bijna nergens meer kan worden gesproken over een wisselwerking tussen de mens en de natuur, laat staan van een keuze in possibilistische zin.

De consequentie is, dat de 'oecologische geografie' alleen kan worden gebruikt bij het bestuderen van niet-geïndustrialiseerde traditionele samenlevingen. In het verlengde daarvan ligt de toepassing binnen de historische geografie. De verhoudingen in West-Europa voor de industriële revolutie wijken in essentie niet af van de toestanden die we momenteel nog in veel ontwikkelingslanden aantreffen (Cipolla, 1976). Het is denkbaar dat door dit merkwaardige raakvlak de historisch-geografen actief bij de ontwikkelingssamenwerking betrokken worden. Hier kan kennis van het verleden bijdragen tot een betere toekomst voor onze medemens.

Enkele toepassingen

In het bovenstaande hebben wij ons reeds begeven op het terrein van de toepassing: de maatschappelijke relevantie van dit type onderzoek, niet alleen ten nutte van de 'onderzoekers' maar ten bate van de samenleving in ruimer verband. In het bijzonder wordt de historische geografie ingeschakeld bij het beleid inzake natuur- en landschapsbescherming, een ontwikkeling die in het begin van de jaren zeventig in een stroomversnelling raakte. Naast reeds bestaande vormen van milieu-onderzoek ontstond een

nieuw specialisme: het cultuurhistorisch landschapsonderzoek, toegepaste historische geografie voor planologische doeleinden (Vervloet, 1981). Deze 'nieuwe' historische geografie (Borger, 1981) is er vooral op gericht de historische continuïteit in de landschappelijke ontwikkeling te bewerkstelligen, opdat men het 'continuüm' kan blijven herkennen (Cuijpers, 1977).

Het cultuurhistorisch landschapsonderzoek verschaft relevante informatie aan planologen die met het verleden willen 'rekenen', niet er mee af willen rekenen. Het vermogen van de mens zijn omgeving te beheersen mag in dit verband niet alleen negatief worden beoordeeld. De technische en organisatorische vooruitgang heeft een zekere speelruimte geschapen waarbinnen alternatieve plannen kunnen worden verwezenlijkt. De mogelijkheid om met geavanceerde planningsmethoden de ruimtelijke orde te sturen verhindert bovendien een wildgroei, die voor het behoud van (historisch-)landschappelijke waarden een even groot gevaar vormt als een ongenuanceerd moderniseringsbeleid. Vanuit deze optiek is het duidelijk dat het cultuurhistorisch landschapsonderzoek zich niet tegenover of naast de planologie dient op te stellen, doch daarmee zeer nauwe relaties moet onderhouden.

De communicatie blijkt echter niet altijd even vlot te verlopen. Een belangrijke reden daarvoor is, dat de planologen niet allen geografen zijn. Daarnaast doet zich het probleem voor dat de planning plaatsvindt voor verschillende doeleinden en op verschillende schalen (Stichting voor Bodemkartering, 1980). Dit vergt veel overleg over de meest geschikte wijze van inventarisatie en rapportage. Hoe Stiboka een en ander heeft geconcretiseerd, zal onder meer in de volgende paragraaf aan de orde worden gesteld.

Overzicht van de ontwikkelingen sedert 1946

Na de oprichting van de Stichting voor Bodemkartering in 1945, werd spoedig een plaats gecreëerd voor de historische geografie. Vanaf 1946 werd een geografe aangesteld: mej. A.W. Vlam, later mevr. A.W. Edelman-Vlam. Het was de bedoeling dat haar taak vooral een ondersteunend karakter zou hebben, toegespitst op de problematiek van de mens als bodemvormende factor. Zelf formuleerde zij in die beginjaren haar werk als een studie die nagaat 'hoe het oorspronkelijke natuurlandschap zich door toedoen van de mens langzamerhand vervormde tot het tegenwoordige cultuurlandschap' (Vlam, 1948).

Zij zag grote mogelijkheden in een gecombineerde aanpak en benadrukte de bevruchtende werking van een uitwisseling van gegevens van historische en veldbodemkundige aard. De winst hiervan zou beide disciplines ten goede komen: 'De historicus (sic) wordt in staat gesteld de uitkomsten van zijn onderzoek, die hij dikwijls door afleiding en combinatie van schaarse en soms gebrekkig gestelde berichten verkreeg, aan de feiten in natura te toetsen, en omgekeerd kan de bodemkundige, die een bepaald gebied in kaart moet brengen, groot nut hebben van reeds verrichte historische voorstudies' (Vlam, 1948). In het kader van haar ondersteunende taak richtte zij zich voornamelijk op het verzamelen van literatuur op het vlak van historie en topografie, op een zo volledig mogelijke inventarisatie van kartografisch materiaal, en op het bijeenbrengen van plaats-, veld- en waternamen.

Literatuurstudie is noodzakelijk voor een eerste oriëntatie; oude kaarten geven een beeld van de staat waarin het landschap in het verleden verkeerde. Bijzondere aandacht had de studie van de veldnamen, een onderwerp waaraan voorheen in ons land slechts incidenteel enig werk was verricht (Rentenaar, 1980). Vlam zag de veldnamen als belangrijke indicatoren voor de 'reconstructie van de ontginnings- en bewoningsgeschiedenis van de Nederlandse bodem' (Schönfeld, 1949). Men kon daaruit 'iets leren over vroegere toestanden die mogelijk wat betreft de vegetatie, waterstaat en gebruik van de bodem afwijken van de tegenwoordige en deze kunnen helpen verklaren' (Vlam, 1948).

Een ander facet van het historisch-geografisch onderzoek van Vlam betrof haar belangstelling voor oude kadastrale bescheiden. De oudste 'kadastrale minuutplans' (Keverling Buisman & Muller, 1979) verschaffen een nagenoeg compleet beeld van de ruimtelijke configuratie van de eigendommen in het begin van de negentiende eeuw. Vlam heeft ze derhalve vaak gebruikt bij de analyse van bewoning en percelering. Daarnaast gebruikte zij – in navolging van Dussart (1946) – de bijbehorende registers die per kadastraal perceel onder andere informatie over de grondsoort, de grootte van de opbrengsten en de vruchtopvolging bevatten. Deze registers vormden de grondslag om de belastbare opbrengst vast te stellen voor de heffing der grondbelasting. Als een der eersten onderkende Vlam de betekenis van deze informatiebron als toetsingskader voor de actuele bodemgeschiktheid (Vlam, 1949).

De belangstelling voor bewonings- en perceelsvormen, uitgewerkt in een artikel over de ontwikkeling van de perceelsvormen in Nederland (Hofstee & Vlam, 1952), spitste zich geleidelijk toe op de ontginningsgeschiedenis van de zandgronden. De ontstaanswijze van een groot aantal individuele nederzettingen met hun territoria werd diepgaand bestudeerd, onder andere Bennekom (Edelman & Edelman-Vlam, 1958), Heeze en Oirlo (Edelman & Edelman-Vlam, 1960a), Deurze (Edelman & Edelman-Vlam, 1963), nederzettingen in het Nationale Park 'De Hoge Veluwe' (Veldhorst, 1965), en Rolde (Edelman-Vlam & Veldhorst, 1972). Een enkele keer werden de resultaten van deze proefstudies samengevat (Edelman & Edelman-Vlam, 1960b). Ondertussen bleven, met een zekere regelmaat, ook verhandelingen verschijnen op naamkundig gebied, de laatste in 1969 (Edelman-Vlam, 1969).

Tijdens de eerste decennia van haar bestaan heeft de afdeling Geografie (sedert 1958 de afdeling Historische Geografie) een substantiële bijdrage geleverd tot onze kennis van het cultuurlandschap. Op het eerste gezicht bevreemdt de geringe aandacht voor reconstructies van het natuurlandschap. Dit arbeidsveld werd aan de bodemkundigen overgelaten, die desgevraagd van de nodige historische en naamkundige gegevens werden voorzien. Nader beschouwd was deze werkverdeling evenwel geheel te rechtvaardigen. De indeling en kartering van de Nederlandse gronden geschiedde vanuit een landschappelijke invalshoek, waarbij een overzicht van de ontstaanswijze van het natuurlijk substraat als het ware per definitie aan de orde moest komen.

De betrekkingen tussen bodemkunde en historische geografie ondergingen geleidelijk een verandering, nadat binnen Stiboka de geogenetische of landschappelijke indeling van de Nederlandse gronden ter discussie werd gesteld. Uiteindelijk werd een nieuw indelingssysteem ontworpen dat uitging van een pedogenetisch-morfometrische indeling. Daarin lag de nadruk op de eigenschappen die 'aan de grond zelf – aan het bodem-

profiel en zijn opbouw – zijn ontleend' (Steur, 1967). Omdat het bodemprofiel centraal werd gesteld, werden bij het onderzoek andere accenten gelegd. Ook de historische geografie werd met de gevolgen hiervan geconfronteerd.

Overigens ging en gaat het nieuwe systeem van bodemclassificatie voor Nederland niet zover, dat de relatie tussen bodem en landschap geheel is prijsgegeven (zie Buitenhuis & De Veer, elders in dit boek). De Bakker & Edelman-Vlam (1976) gaan meer uitgebreid in op de koppeling van profiel en landschap.

Een herbezinning omtrent het doel en de taak van het historisch-geografisch onderzoek bleek noodzakelijk. Het zwaartepunt werd verlegd naar onderzoek voor landinrichting, natuur- en landschapsbehoud. De omslag vond vrij abrupt plaats in 1972. In dat jaar startten, nog onder leiding van Edelman-Vlam, twee projecten die getuigden van een geheel andere opzet, namelijk het project 'Bepaling van de biologische draagkracht en de ontwikkelingsmogelijkheden van het Veluwemassief', en het samenstellen van een lijst met gave voorbeelden van karakteristieke kavelpatronen voor de zogenaamde Bolwerkgroep (Stichting voor Bodemkartering, z.j.). Het 'Veluwe-onderzoek' had een multidisciplinair karakter. Om met de andere disciplines gelijk op te kunnen werken, moest men afzien van historisch bronnenonderzoek en kwam de nadruk te liggen op literatuur- en kaartstudie.

Door de werkzaamheden voor de 'Commissie tot bescherming van natuur- en cultuurmonumenten', beter bekend als de zogenaamde 'Bolwerkgroep' (werkzaam onder auspiciën van de Natuurbeschermingsraad, in opdracht van het toenmalige ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk), werd de afdeling betrokken bij een landelijke inventarisatie van nog aanwezige 'cultuurwaarden'. Schrijver dezes werd verzocht de gebieden met belangwekkende verkavelingspatronen te inventariseren. Voorts werd opdracht verstrekt de vervaardiging van de zogenaamde 'Cultuurwaardenkaart' te coördineren (Natuurwaarden en Cultuurwaarden in het landelijk gebied, 1979).

De 'Bolwerk'-inventarisatie leidde voor het eerst tot het besef dat de afbakening van het arbeidsveld ten opzichte van instanties als de Rijksdienst voor de Monumentenzorg en de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek theoretisch tot problemen kon leiden. In de praktijk bleek hiervan nauwelijks sprake te zijn en is – als vanzelf – een zekere taakverdeling ontstaan: kunsthistorici en bouwkundigen houden zich bezig met elementen en structuren van kunsthistorische en industrieel-archeologische betekenis, archeologen met elementen en structuren van oudheidkundige betekenis, en historisch-geografen met elementen en structuren (historische nederzettingsstructuren, verkavelingspatronen en patronen van wegen, dijken en waterlopen; Klok & Vervloet, 1983) als de morfologisch-artefactiële neerslag van menselijk handelen in de ruimte.

De waardering vormde bij het van start gaan van het cultuurhistorisch landschapsonderzoek vanzelfsprekend een cruciaal punt. In de loop van de tijd is getracht, de uitgangspunten zowel van de motivatie als van de formulering concreet vast te leggen. Bij het onderzoek worden de landschapselementen in eerste instantie beoordeeld naar hun ouderdom en hun ontstaanswijze. Het is duidelijk dat hierdoor het gebruik van criteria als gaafheid, kenmerkendheid, samenhang, diversiteit en zeldzaamheid extra gecompliceerd wordt. De historische beschouwingswijze schept specifieke problemen die bij andere vormen van milieukartering veelal minder nadrukkelijk aan de orde komen (Vervloet, 1981).

Zowel qua kartering als qua rapportage heeft het cultuurhistorisch landschapsonderzoek bij de Stichting voor Bodemkartering gedurende het eerste decennium van zijn bestaan op landelijk niveau, op macroniveau (streekplannen) en op mesoniveau (landinrichting en ruilverkaveling) een snelle ontwikkeling doorgemaakt. Reeds in 1974 kwam dit in de naam van de afdeling tot uitdrukking ('Historische Geografie en Cultuurhistorisch Landschapsonderzoek'). De wijze waarop de ontwikkeling is verlopen, kan in dit bestek slechts kort worden geschetst. Voor de landelijke kartering (steeds in nauwe samenwerking met de Natuurbeschermingsraad, en wetenschappelijk begeleid door de Werkgroep Landschapstypologie) betreft dit onder andere:
- het tot stand brengen van een nationaal referentiekader in de vorm van nieuwe typologieën van bewonings- en perceelsvormen (Renes, 1982; Haartsen & Renes, 1982);
- het ontwikkelen van meer objectieve maatstaven voor het meten van veranderingen in het landschap;
- het vervaardigen van een landelijk toepasbare legenda op basis van eenheid in terminologie en standaardisatie van de kartering.

De kartering op macroniveau geeft onder andere te zien dat behalve de inventarisatie van het bodemgebruik, die de kern vormde van onze bijdrage aan het 'Veluweonderzoek', thans ook een globale bewonings- en perceelsvormenkartering in de werkzaamheden zijn opgenomen. Hiertoe is een methode ontwikkeld om een landschapstypologie op historisch-geografische grondslag samen te stellen (Renes & Vervloet, i.v.).

Bij de kartering op mesoniveau hebben zich eveneens veranderingen voorgedaan, die met name tot uitdrukking komen in de wijze van presentatie. De informatiewaarde van de kaarten is geleidelijk toegenomen. Aanvankelijk droegen ze een nogal statisch karakter. De legenda bestond voornamelijk uit, door kaartvergelijking opgespoorde, historisch-landschappelijke relicten, onderscheiden naar vorm, waarbij ouderdom en ontstaanswijze minder duidelijk tot hun recht kwamen (Vervloet & Veldhorst, 1979). Naderhand kregen de kaarten een meer dynamisch karakter, bij voorbeeld de ruilverkaveling Baarderadeel, waarvoor behalve een cultuurhistorische inventarisatiekaart met relicten, tevens een functioneel-genetische kaart van lijnvormige landschapselementen is vervaardigd. Van deze relicten zijn de ontstaansreden en het ontstaansmoment in de legenda opgenomen (Vervloet, 1980). Een soortgelijke aanpak vertoont ons onderzoek in de ruilverkaveling Zundert (Vervloet, 1982a).

Een nog nieuwere ontwikkeling vertoont de opzet van het cultuurhistorisch (landschaps)onderzoek van de ruilverkaveling De Gouw. Hierbij is het verloop van de ontginning gereconstrueerd en is bovendien een beeld geschetst van het natuurlijk substraat dat voorafging aan de ontginning (Vervloet, 1982b). Dit maakt het mogelijk de relicten te beschouwen in hun oorspronkelijke natuur- en cultuurlandschappelijke context. In het recente cultuurhistorisch (landschaps)onderzoek van de landinrichting Amstelland is in dezelfde richting voortgegaan (Vervloet & Mulder, i.v.).

De algemene trend bij het cultuurhistorisch landschapsonderzoek bij de Stichting voor Bodemkartering is, dat men tracht de historische landschapsrelicten te beschouwen in een ruimer kader. Dit betreft de samenhang in ruimte, in tijd en met het natuurlijk milieu, respectievelijk tot uitdrukking komend in het opstellen van typologieën, in de landschapsgenetische opbouw van de kaartlegenda's en in pogingen tot reconstructie van de vroegere bodemgesteldheid en de oorspronkelijke vegetatie.

Toekomstige ontwikkelingen

Het voorgaande betekent zeker niet, dat we thans ons eindpunt hebben bereikt. We moeten ons voortdurend vernieuwen, al was het alleen maar omdat stilstand leidt tot achteruitgang. Niet in laatste instantie betreft dit een integratie met andere disciplines die zich met landschapsonderzoek bezighouden. De samenhangen tussen bodem, vegetatie, landschapsbeeld, geomorfologie en historisch-landschappelijke aspecten zijn dikwijls evident, doch nauwelijks modelmatig of getalmatig geconcretiseerd. Dit vergt een uitbouw van de 'historische Landschaftskunde' in oecologisch-geografische zin. Hier dringt zich een nauwe verwantschap aan ons op met de landschapsoecologie, 'de wetenschap die op geïntegreerde wijze studie maakt van het landschap als complex ecosysteem' (Schroevers, 1982).

Het huidige onderzoek vertoont in deze richting stellig aanknopingspunten. Recent is bij de Stiboka het zogenaamde integratie-project van start gegaan, waarvan men hoge verwachtingen heeft. Voorts wordt binnen de eigen afdeling op verschillende wijzen onderzoek geëntameerd naar de mogelijke samenhangen tussen naamkundige bestanddelen, vegetatie, actuele en voormalige bodemgesteldheid, bewonings- en perceelsvormen en ouderdom.

We mogen daarbij niet vergeten dat ook in de toekomst een taak blijft weggelegd voor historisch-geografisch onderzoek als ondersteunende discipline in bilaterale contacten met bodemkundigen, oecologische landschapsonderzoekers, geomorfologen en landschapsbeeldkarteerders. Bij de kartering, de evaluatie en de interpretatie van landschappelijke gegevens kan informatie omtrent de historische ontwikkeling niet gemist worden, aangezien de mens in het verleden vrijwel overal intensief in het landschap heeft ingegrepen.

Uiteraard moeten ook in de toekomst nieuwe cultuurhistorische karterings- en evaluatietechnieken worden ontwikkeld. Te denken valt hierbij aan het helpen opstellen van historisch verantwoorde plannen voor het onderhoud van kleine landschapselementen, doch in het bijzonder ook aan het ontwikkelen van technieken voor de milieueffectrapportage.

Samenvatting

Dit artikel beschrijft het historisch-geografisch en cultuurhistorisch landschapsonderzoek bij de Stichting voor Bodemkartering. Voorafgaand aan een historisch overzicht wordt ingegaan op enkele theoretische aspecten. Met name betreft dit beschouwingen over het object van de historische geografie, de plaats van de historische geografie binnen de geografische wetenschap als geheel en in het bijzonder de relatie tot de sociale en de fysische geografie, alsmede de verhouding tussen geografie en geschiedenis. De historische geografie kenmerkt zich door een holistisch karakter en maakt als zodanig deel uit van de oecologische geografie.

Het historisch overzicht beschrijft wat de historische geografie sedert 1946 binnen de Stiboka heeft betekend. In het begin betrof dit vooral ondersteunend onderzoek voor de bodemkartering: het bijeenbrengen van oude en recente literatuur over historie en

topografie, inventarisatie van kartografisch materiaal, en het verzamelen van plaats-, veld- en waternamen. In dit verband is ook aandacht besteed aan kadasteronderzoek. Daarnaast werd in de loop van de jaren vijftig de ontginningsgeschiedenis van de Nederlandse zandgronden in studie genomen. In 1972 werd het aandachtsveld verschoven naar het cultuurhistorisch landschapsonderzoek, gericht op het gebruik van historisch-geografische gegevens voor planologische doeleinden: op landelijk niveau, voor het streekplanwerk, en voor landinrichting en ruilverkaveling.

Besloten wordt met een korte beschouwing over de toekomstige ontwikkelingen, waarbij de noodzaak van integratie van landschapsgegevens, verzameld door verschillende disciplines, wordt benadrukt.

Summary

This article describes the research in historical geography and applied historical geography at the Soil Survey Institute of the Netherlands. Firstly, attention is paid to some theoretical aspects, especially to the subject of historical geography, the place of historical geography as a part of the geographical science as a whole, the relation with human and physical geography as well as the relation between geography and history. Historical geography has a holistic nature and therefore forms a part of an ecological directed kind of geography.

Secondly, attention is paid to the historical backgrounds of the historical-geographical attribution to the research of the Soil Survey Institute. In the initial stage the activities were at the service of soil survey: compiling old and recent literature about history and topography, drawing up inventories about old maps and collecting place-, field- and water-names. In this connection much attention is also paid to the research of cadastral documents. Moreover, in the fifties the history of the settlements of the sandy regions of the Netherlands has been taken into consideration.

Since 1972 the general attention has been focused on applied historical geography in which historical-geographical data find an application in planning purposes: on a national scale, for country-planning and land-consolidation schemes.

Finally, some remarks are made about the future. Especially, the necessity to integrate different kinds of landscape data by different scientific disciplines has been emphasized.

Literatuur

Bakker, H. de & A.W. Edelman-Vlam, 1976. De Nederlandse bodem in kleur. Pudoc, Wageningen. 148 pp.

Borger, G.J., 1981. Het werkterrein van de historische geografie: Rede, uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van gewoon hoogleraar in de historische geografie aan de Universiteit van Amsterdam op 27 april 1981. Van Gorcum, Assen. 14 pp.

Cipolla, C.M., 1976. Before the industrial revolution: European Society and Economy, 1000-1700. Methuen and Co. Ltd., London. 326 pp.

Claval, P., 1969. Essai sur l'évolution de la géographie humaine. Annales Littéraires de l'Université de Besançon Volume 67. Cahiers de géographie de Besançon Numéro 12. Les belles lettres, Paris, Deuxième Edition. 162 pp.

Cuijpers, J., 1977. Cultuurhistorische aspecten van landschap en nederzetting en de betekenis daarvan voor de ruimtelijke planning. Deel I. Afd. Bouwkunde TH Eindhoven, Eindhoven. 89 pp.

Dussart, F., 1946. Structure agraire et paysages ruraux dans la commune de Bakel (Brabant Septentrional). Sociètè Belge d'Etudes Geographiques, Memoire No. 5. Extrait du Bulletin de la Société Belge d'Etudes Géographiques. Tôme XV, No. 1, 1946. Institut Géraphique de l'Université Louvain, Leuven. 76 pp.

Edelman, C.H. & A.W. Edelman-Vlam, 1958. Een poging tot reconstructie van het verloop van de ontginning van Bennekom. Een Veluws dorp: een herinneringswerk voor Ir. M.M. van Hoffen. Stichting 'Oud Bennekom', Bennekom: 163-173.

Edelman, C.H. & A.W. Edelman-Vlam, 1960a. Een bijdrage tot de ontginningsgeschiedenis van de zuidelijke zandgronden. Kultuurhistorische Verkenningen in de Kempen, I. Stichting Brabants Heem, Oisterwijk: 21-42.

Edelman, C.H. & A.W. Edelman-Vlam, 1960b. Studies concerning the morphogenesis of some old rural settlements in the sandy areas of the Netherlands. Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap. Deel LXXVII, No. 3: 312-318.

Edelman, C.H. & A.W. Edelman-Vlam, 1963. Bijdrage tot de ontginningsgeschiedenis van enige agrarische nederzettingen op de zandgronden. Boor en Spade: verspreide bijdragen tot de kennis van de bodem van Nederland, XIII: 1-11.

Edelman-Vlam, A.W., 1969. Veldnamen in de gemeente Rolde. Naamkunde 1: 138-156.

Edelman-Vlam, A.W. & A.D.M. Veldhorst, 1972. Uit het agrarische verleden van Rolde. Boor en Spade: verspreide bijdragen tot de kennis van de bodem van Nederland, 18: 54-84.

Gottschalk, M.K.E., 1964. Historische geografie in theorie en praktijk: Openbare les gegeven bij de aanvaarding van het ambt van gewoon lector in de Historische Geografie aan de Universiteit van Amsterdam op 13 oktober 1964. Van Gorcum, Assen. 44 pp.

Haartsen, A.J. & J. Renes, 1982. Naar een historisch-geografische typologie van het Nederlandse landschap. Geografisch Tijdscrift, Nieuwe Reeks XVI, 5: 456-475.

Heslinga, M.W., 1962. Oude en nieuwe begrippen van aardrijkskunde. Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar in de faculteit der letteren aan de Vrije Universiteit te Amsterdam op 26 oktober 1962. Van Gorcum, Assen. 41 pp.

Hofstee, E.W. & A.W. Vlam, 1952. Opmerkingen over de ontwikkeling van de perceelsvormen in Nederland. Boor en Spade: verspreide bijdragen tot de kennis van de bodem van Nederland, V: 194-235.

Jäger, H., 1969. Historische Geographie. Georg Westermann Verlag, Braunschweig. 119 pp.

Keverling Buisman, F. & E. Muller, 1979. 'Kadaster-gids': Gids voor de raadpleging van hypothecaire en kadastrale archieven uit de 19e en de eerste helft van de 20e eeuw. Rijksarchiefdienst, 's-Gravenhage. 59 pp.

Klok, R.H.J. & J.A.J. Vervloet, 1983. Pleidooi voor de bescherming van cultuurhistorische of historisch-landschappelijke structuren. Bulletin Koninklijke Nederlandse Oudheidkundige Bond, Jaargang 82, nummer 1: 2-21.

Natuurwaarden en Cultuurwaarden in het landelijk gebied, 1979. Een inventarisatie uitgevoerd door de Bolwerkgroep onder auspiciën van de Natuurbeschermingsraad in opdracht van het ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk. Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk, 's-Gravenhage. 33 pp.

Renes, J., 1982. Typologieën van bewonings- en perceelsvormen: Een overzicht van bestaand werk in Nederland en buurlanden. Reeks Landschapsstudies. Pudoc, Wageningen. 78 pp.

Renes, J. & J.A.J. Vervloet, i.v. Cultuurhistorisch onderzoek van het Streekplan West-Brabant.
Rentenaar, R., 1980. Schönfelds veldnamen in Nederland en hun auteur. Voorwoord in ongewijzigde herdruk van de 2e uitgave van 1950 van: Schönfeld, M., Veldnamen in Nederland. Mededelingen der Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen, afd. Letterkunde, Nieuwe Reeks, deel 12, No. 1. Gijsbers en Van Loon, Arnhem.
Schönfeld, M., 1949. Veldnamen in Nederland. Mededelingen der Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen, Afd. Letterkunde, Nieuwe Reeks, deel 12, No. 1. N.V. Noord-Hollandsche Uitgevers Maatschappij, Amsterdam.
Schroevers, J., 1982. Landschapstaal: Een stelsel van basisbegrippen voor de landschapsecologie. Reeks Landschapsstudies. Pudoc, Wageningen. 109 pp.
Steur, G.G.L., 1967. Bodemkartering: Een kwarteeuw onderzoek met boor en spade. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. 84 pp.
Stichting voor Bodemkartering, 1980. De Stichting voor Bodemkartering in 1979. Beknopt jaarverslag. Wageningen. 98 pp.
Stichting voor Bodemkartering, z.j. De Stichting voor Bodemkartering in 1972. Beknopt jaarverslag. Wageningen.
Veldhorst, A.D.M., 1965. Uit de geschiedenis van het Nationale Park 'De Hoge Veluwe'. Boor en Spade: verspreide bijdragen tot de kennis van de bodem van Nederland, XIV: 117-137.
Verhulst, A., 1970. Retrospectieve menselijke aardrijkskunde. Cursus gedoceerd in de sectie Geschiedenis, Fac. Lett. en Wijsb., RUG, acad. jaar 1970-71, Gent. 122 pp.
Vervloet, J.A.J., 1980. Cultuurhistorisch onderzoek Ruilverkaveling Baarderadeel. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1397, Wageningen. 103 pp.
Vervloet, J.A.J., 1981. Historische geografie en planologie, een veranderende relatie binnen het geografische vakgebied. Boor en Spade: verspreide bijdragen tot de kennis van de bodem van Nederland, 20: 145-159.
Vervloet, J.A.J., 1982a. Aanvullend historisch-geografisch onderzoek Ruilverkaveling Zundert. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1637, Wageningen. 15 pp.
Vervloet, J.A.J., 1982b. Cultuurhistorisch onderzoek Ruilverkaveling 'De Gouw'. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1569, Wageningen. 40 pp.
Vervloet J.A.J., z.j. Cursus bodemkunde, 1980-1981. Deel II, 12. Historische geografie. Ministerie van Landbouw en Visserij afd. Scholing. 133 pp.
Vervloet, J.A.J. & J.R. Mulder, i.v. Cultuurhistorisch onderzoek Landinrichting 'Amstelland'. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1681, Wageningen.
Vervloet, J.A.J. & A.D.M. Veldhorst, 1979. Cultuurhistorisch onderzoek Ruilverkaveling Baarle-Nassau. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1398, Wageningen. 62 pp.
Vlam, A.W., 1948. Historische geografie en bodemkunde. Boor en Spade: verspreide bijdragen tot de kennis van de bodem van Nederland, I: 68-70.
Vlam, A.W., 1949. De kadastrale archieven en hun betekenis voor de bodemkundige. Landbouwkundig Tijdschrift 61: 465-473.

Ontwikkeling van kwaliteitsonderzoek van bodemkaarten

B.A. Marsman en J.J. de Gruijter

Inleiding

In toenemende mate worden bodemkaarten gebruikt voor zeer uiteenlopende doeleinden. De eisen die de verschillende gebruikers aan bodemkaarten stellen, variëren daardoor sterk. Bovendien vragen de huidige kaartgebruikers vooral om gekwantificeerde informatie over bodemeigenschappen die verband houden met het specifieke doel waarvoor de kaart wordt gebruikt. Deze behoefte aan kwantitatieve informatie wordt nog versterkt door de ontwikkelingen in de automatisering. Sinds kort levert de Stichting voor Bodemkartering ook bodemkaarten en bodemkundige informatie af in digitale vorm voor sommige ruilverkavelingsprojecten van de Landinrichtingsdienst.

Het is duidelijk dat de vroegere bodemkaarten onvoldoende antwoord kunnen geven op de vragen die de gebruikers thans stellen. Dit komt doordat hun legenda's hoofdzakelijk landschappelijk zijn ingedeeld en doordat de informatie een algemeen beschrijvend karakter draagt. Bij de moderne bodemkaarten zijn de kaarteenheden daarentegen morfometrisch gedefinieerd en wordt doorgaans kwantitatieve informatie verstrekt over bodemeigenschappen van standaard- of referentieprofielen. Er bestaat een duidelijke tendens in het bodemkundig onderzoek de bodemkaart centraal te stellen. De waarde van het onderzoek op het gebied van bodemvorming en bodemclassificatie wordt dientengevolge in toenemende mate ontleend aan de betekenis die dit onderzoek heeft voor de bodemkartering (Schelling, 1970). Alleen door dergelijk gericht onderzoek is een voortgaande ontwikkeling mogelijk in de aard van de bodemkundige informatie en de kwaliteit van toekomstige bodemkaarten.

Kwantitatieve informatie over kaarteenheden is niet optimaal zolang betrouwbare gegevens over de optredende variatie van relevante bodemeigenschappen ontbreken. Juist deze gegevens zijn uitermate belangrijk voor een verantwoord en doelmatig gebruik. Het verzamelen en verstrekken van gegevens over de variaties binnen kaarteenheden moet gezien worden als een van de belangrijkste taken van karteringsinstituten in de komende jaren. Voor een efficiënt gebruik is het wenselijk dergelijke gegevens op te slaan in een geautomatiseerd informatiesysteem. Zo'n systeem zal in de toekomst goede diensten kunnen bewijzen bij het aangeven van de gebruiksmogelijkheden van bodemkaarten voor specifieke doeleinden. Daarnaast stelt het ons in staat de karteringsmethode aan te passen aan het gebruiksdoel van de kaart, en kan het een belangrijke bijdrage leveren aan de verbetering van de geschiktheidsbeoordeling.

Het kwaliteitsbegrip bij bodemkaarten

De kwaliteit van bodemkaarten is een samengesteld begrip. Gegevens over de kwaliteit hebben doorgaans betrekking op één of enkele aspecten. Globaal zijn drie hoofdaspecten te onderscheiden:
- De kartografische kwaliteit. Deze is bepalend voor de uiterlijke verschijningsvorm en de leesbaarheid van de kaart. Belangrijke facetten zijn: aantal kaarteenheden, aantal en grootte van de kaartvlakken, de rationaliteit van de legenda-indeling, de logica van de coderingen of symbolen en van het gebruikte kleuren- of rasterschema alsmede de doelmatigheid van de topografische basis voor de plaatsbepaling.
- De nauwkeurigheid waarmee de voor de kaarteenheden geldende differentiërende bodemeigenschappen op de kaart zijn aangegeven. Hierbij gaat het zowel om de betrouwbaarheid als om de precisie. De betrouwbaarheid wordt gemeten met zuiverheidswaarden. De precisie wordt aangegeven met maten voor de homogeniteit.
- De bruikbaarheid van de kaart voor toepassingen. Deze wordt bepaald door de homogeniteit van de kaarteenheden voor bepaalde bodemeigenschappen, voor zover die rechtstreeks verband houden met een bepaalde toepassing, en de homogeniteit voor beoordelingsfactoren en geschiktheidsclassificaties.

Kwaliteitsonderzoek in het verleden

Met het systematisch onderzoek naar de kwaliteit van bodemkaarten werd een begin gemaakt in 1972. In dat jaar nam de Stichting voor Bodemkartering deel aan het Oxfordshire-project, dat onder leiding stond van Dr. P.H.T. Beckett van de Universiteit van Oxford. Onderzocht werden de bruikbaarheid en doeltreffendheid van verschillende karteringsmethoden. Het aandeel van Stiboka bestond in het maken van bodemkaarten op verschillende schalen volgens de methode van de vrije kartering. Ter wille van de onderlinge vergelijkbaarheid van de onderzoeksresultaten werd gewerkt met het bodemclassificatiesysteem van de Soil Survey of England and Wales. De deelneming aan het Oxfordshire-project (Beckett, 1975) leverde belangrijke ervaring op over de opzet en uitvoering van dit soort onderzoek.

In Nederland was inmiddels begonnen aan onderzoek naar de nauwkeurigheid van enkele kaarteenheden in dekzand- en rivierkleigebieden (Van der Voort, 1981). Dit onderzoek was eenvoudig van opzet en beperkte zich tot het meten van de zuiverheid in enkele kaartvlakken. De zuiverheid op subgroepniveau bleek in het algemeen lager te zijn dan die welke gevonden was in buitenlandse onderzoekingen (Beckett & Webster, 1971).

Onderzoek naar de doelmatigheid van karteringsmethoden

In 1975 is Stiboka gestart met een uitgebreid onderzoek naar de kwaliteit van bodemkaarten van een dekzandgebied, gemaakt volgens verschillende karteringsmethoden.

De karteringsmethoden verschilden onder meer in:
– de wijze van omgrenzing van de kaartvlakken:
a) in het veld met behulp van landschappelijke kenmerken;
b) via een rekenvoorschrift (proximal methode);
– de keuze van de waarnemingspunten:
a) een gerichte keuze door de karteerder in het veld;
b) aselect gekozen punten (gestratificeerde, aselecte steekproef).
Kaarten werden gemaakt op een schaal van 1:10000 en van 1:50000, elk met een aan de schaal aangepaste legenda. Alle kaarten werden getest met een gestratificeerde, aselecte steekproef van testboringen. Als maat voor de kwaliteit werden verschillende zuiverheidsmaten gebruikt, alsmede de standaardafwijkingen binnen de kaarteenheden en de homogeniteit van de kaarteenheden voor twee geschiktheidsclassificaties (Marsman & De Gruijter, 1983).

We beperken ons hier tot een globale weergave van de resultaten van twee op hetzelfde gebied toegepaste karteringsmethoden:
– methode van de vrije kartering: gerichte keuze van de waarnemingspunten en landschappelijke omgrenzing van de kaartvlakken;
– proximal methode: aselecte keuze van de waarnemingspunten en proximal omgrenzing van de kaartvlakken.

Een fragment van beide kaarten is weergegeven in figuur 1. Evenals in vroegere studies blijkt de zuiverheid voor het laagste niveau van classificatie zeer laag te zijn. De kaarteenheden zijn evenwel redelijk homogeen in hun geschiktheid voor gras en winterrogge (tabel 1). De frequentieverdeling van de testboringen over de geschiktheidsklassen binnen het onzuivere deel van de kaarteenheid wijkt slechts in geringe mate af van

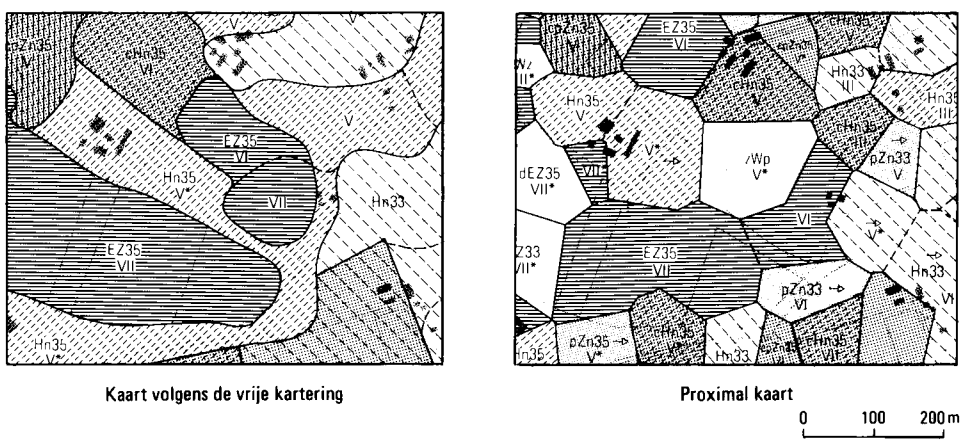


Fig. 1. Fragmenten van bodemkaarten, gemaakt volgens verschillende karteringsmethoden. Gebied bij Laren (Gld.), waarnemingsdichtheid 1,2 per ha. Vrije kartering: vrije keuze van de waarnemingspunten en omgrenzing van kaartvlakken in het veld met behulp van landschappelijke kenmerken. Proximal methode: aselecte keuze van de waarnemingspunten en proximal omgrenzing.

Tabel 1. Relatieve frequentieverdeling van de testboringen over de geschiktheidsklassen voor gras en winterrogge voor het zuivere en onzuivere deel van kaarteenheid Hn33-VI op een bodemkaart, schaal 1:10000, gemaakt volgens de methode van de vrije kartering. De kaarteenheid beslaat 21,7% van het kaartoppervlak en is getest met 254 aselect gekozen testboringen.

Zuiverheid van het bodemprofiel	Testboringen		Frequentieverdeling (%) van de geschiktheidsklassen voor gras			Frequentieverdeling (%) van de geschiktheidsklassen voor winterrogge		
	aantal	%	zeer goed en vrij goed geschikt (klasse 1.1 en 1.2)	matig geschikt (klasse 2)	weinig geschikt (klasse 3)	zeer goed geschikt (klasse 1.1)	vrij goed en matig geschikt (klasse 1.2 en 2)	weinig geschikt (klasse 3)
zuiver	31	12,2	100				100	
onzuiver voor 1 aspect	85	33,5	93	7	–	15	80	5
onzuiver voor 2 aspecten	79	31,3	90	9	1	10	87	3
onzuiver voor 3 aspecten	53	20,9	85	15	–	28	64	8
onzuiver voor 4 aspecten	6	2,4	67	33	–	17	50	33
onzuiver voor 5 aspecten	0	0	–	–	–			
kaarteenheid als geheel	254	100	91	9	0,4	15	81	5

die binnen het zuivere deel. Pas wanneer de onzuiverheden betrekking hebben op bodemprofielen die onzuiver zijn voor drie of vier aspecten, komen er vrij veel afwijkende geschiktheden voor. In het voorbeeld in tabel 1 heeft dan een derde tot de helft van die onzuivere bodemprofielen een afwijkende geschiktheid voor gras of winterrogge. Het onderzoek toont aan dat een belangrijk deel van de onzuiverheden bij veel kaarteenheden bestaat uit bodemprofielen die sterk verwant zijn met die in het zuivere deel van de desbetreffende kaarteenheid. Het criterium zuiverheid is geen geschikte maat om de kwaliteit van bodemkaarten te meten, als de aard van de onzuiverheden niet leidt tot een afwijkende waardering voor de geschiktheid van landbouwgewassen. Dit werd al door Wilding et al. (1965) geconstateerd voor kaarteenheden op bodemkaarten van Ohio.

De zeer beperkte betekenis van zuiverheidspercentages voor de bruikbaarheid van bodemkaarten voor landbouwkundige toepassingen hangt samen met de berekeningswijze van de zuiverheid. De aard en de grootte van de afwijkingen, noch het aantal eigenschappen waarvoor een bodemprofiel onzuiver is, worden in het zuiverheidspercentage verdisconteerd.

De standaardafwijkingen van negen bodemeigenschappen voor de beide bodemkaar-

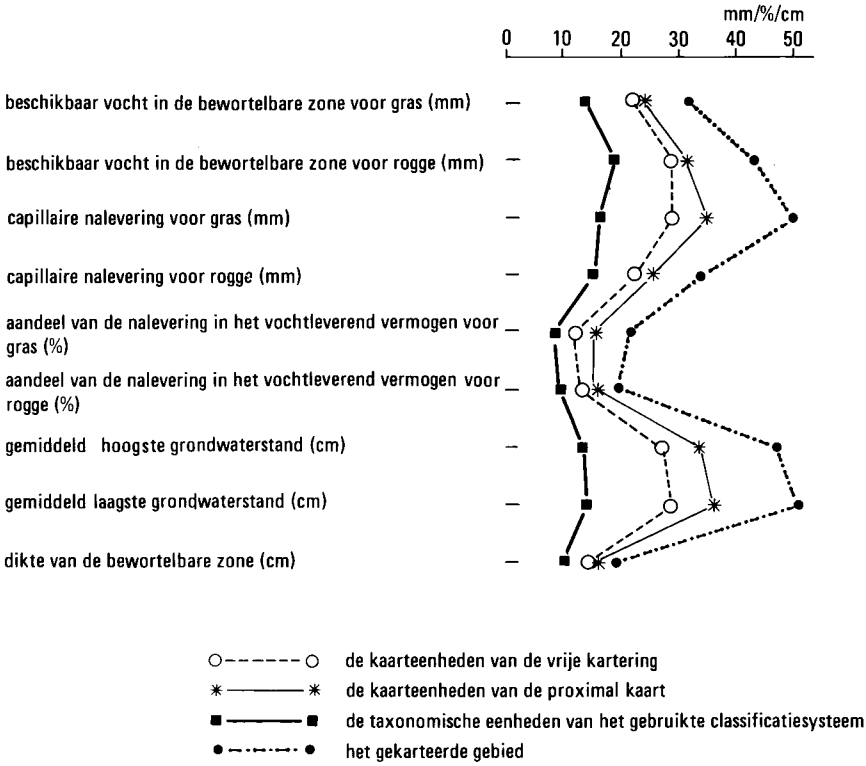


Fig. 2. Standaardafwijkingen voor negen bodemeigenschappen.

ten van figuur 1 zijn vermeld in figuur 2. Weergegeven zijn de standaardafwijkingen binnen kaarteenheden van beide kaarten, de standaardafwijkingen binnen de taxonomische eenheden van de gebruikte classificatie en de standaardafwijkingen voor het gekarteerde gebied als geheel. De standaardafwijkingen binnen kaarteenheden zijn hoger dan die binnen de classificatie-eenheden, maar lager dan die voor het gebied.

Vergeleken met buitenlandse onderzoekingen (Beckett & Webster, 1971; Beckett & Burrough, 1971) vonden we lagere zuiverheden, maar tevens lagere standaardafwijkingen binnen kaarteenheden voor de meeste eigenschappen. In tegenstelling tot de buitenlandse onderzoekingen zijn de door ons gevonden standaardafwijkingen binnen de taxonomische eenheden (legenda-eenheden) duidelijk lager dan de standaardafwijkingen binnen kaarteenheden. Naar onze mening worden zowel de lagere zuiverheden van de bodemkaarten als de lagere standaardafwijkingen binnen de taxonomische eenheden hoofdzakelijk veroorzaakt door de grotere mate van detail in het Nederlandse classificatiesysteem. Bovendien wordt in dit systeem zelden met overlappende klassen gewerkt en zijn de differentiërende bodemeigenschappen strikt morfometrisch gedefinieerd (De Bakker & Schelling, 1966).

Zoals blijkt uit figuur 2 zijn de standaardafwijkingen voor de bodemkaart met vrije

kartering lager dan die voor de proximal kaart. Behalve deze verschillen zijn er ook opvallende verschillen in het kaartbeeld. Zoals blijkt uit figuur 1 heeft de proximal kaart een sterk gefragmenteerd kaartbeeld met een groot aantal zeer kleine kaartvlakken. Het aantal onderscheiden kaarteenheden en het aantal kaartvlakken is respectievelijk drie en tweeënhalf maal zo groot als op de kaart volgens de vrije kartering. Dit heeft een ongunstige invloed op de leesbaarheid van de proximal kaart en vermindert haar bruikbaarheid. In dit gebied en voor deze kaartschaal blijkt de methode van de vrije kartering dus superieur te zijn aan de proximal methode.

Recente ontwikkelingen in het kwaliteitsonderzoek

Onderzoekingen naar de kwaliteit van bodemkaarten zijn doorgaans zeer tijdrovend en kostbaar. Bovendien geven de onderzoeksresultaten meestal geen pasklare oplossing voor de typische problemen die zich voordoen tijdens de uitvoering van een kartering. Daarom is de toepassing van de onderzoeksresultaten in de karteringen tot op heden beperkt.

Om deze voornamelijk operationele bezwaren te kunnen ondervangen is het noodzakelijk over een methode te beschikken die qua opzet en omvang zodanig is, dat de uitvoering ervan binnen de procedure van standaardkarteringen mogelijk wordt. In vergelijking met aselecte, gestratificeerde steekproeven en roostersteekproeven lijkt een methode met aselecte raaien aantrekkelijk. De omvang van de steekproef zou daarbij kleiner kunnen zijn en de gemiddelde tijd voor het lokaliseren van de waarnemingspunten geringer.

Methoden met aselecte raaien zijn in de bodemkunde gebruikt door Powell & Springer (1965) en door Steers & Hajek (1979). In de zomer van 1982 hebben wij een raaienmethode ontworpen voor het schatten van de samenstelling en de homogeniteit van kaarteenheden. Bij de opzet is speciale aandacht besteed aan het kostenaspect. De methode is toegepast op twee kaarteenheden van de bodemkaart van de ruilverkaveling Lievelde, schaal 1:10000 (Scholten & Beekman, 1983).

Bij de aselecte raaienmethode wordt in twee trappen geloot. Bij de eerste trap wordt een aantal kaartvlakken aselect geloot uit alle kaartvlakken van de desbetreffende kaarteenheid. Zij worden geloot met trekkingskansen evenredig aan de grootte van de kaartvlakken. Bij de tweede trap worden binnen elk van de gelote kaartvlakken twee punten aselect geloot. Deze punten zijn de startpunten voor een raai in noord-zuid richting en voor een raai in oost-west richting. De waarnemingspunten op een raai liggen binnen de grenzen van het desbetreffende kaartvlak op onderlinge afstanden van 25 m, uitgaande van het startpunt en de gegeven richting. De maximale lengte van de raaien is beperkt tot 300 m door van tevoren de grootste kaartvlakken te verdelen. Figuur 3 geeft de ligging van de startpunten en de overige waarnemingspunten voor twee van de gelote kaartvlakken.

Van elk waarnemingspunt is het profiel beschreven en zijn andere gegevens verzameld. Voor kaarteenheid Hn53-VI zijn 7 kaartvlakken geloot met in totaal 14 raaien en 61 waarnemingspunten. Voor kaarteenheid Hn53-IV zijn 6 kaartvlakken geloot met in totaal 12 raaien en 67 waarnemingspunten.

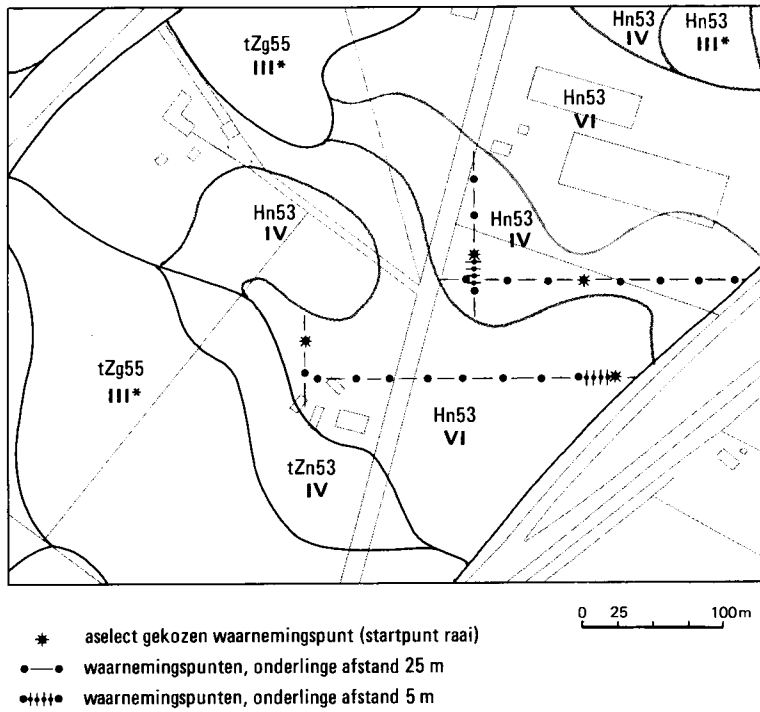


Fig. 3. Detail van de bodemkaart van Lievelde met raaien in twee kaartvlakken.

De gegevens die verzameld zijn bij de waarnemingspunten, worden gebruikt om de kwaliteit van de kaarteenheden vast te stellen. Schattingen worden berekend voor de zuiverheid en de samenstelling van de kaarteenheden, voor het gemiddelde en de spreiding van bodemeigenschappen, en voor de homogeniteit met betrekking tot bodemgeschiktheid. Vier extra waarnemingen zijn gedaan op onderlinge afstanden van 5 m binnen elk van de gelote kaartvlakken. Ze liggen tussen het aselect gekozen startpunt en het volgende waarnemingspunt op 25 m afstand (figuur 3). De bij deze punten verzamelde gegevens dienen om informatie te krijgen over de ruimtelijke variabiliteit over korte afstanden en om de doelmatigheid van de gekozen afstand van 25 m vast te stellen.

Enkele resultaten van het onderzoek voor drie bodemeigenschappen zijn vermeld in tabel 2. Voor het gemiddelde en de standaardafwijking zijn punt- en intervalschattingen aangegeven. De nauwkeurigheid van de verkregen resultaten blijkt voldoende te zijn. Bovendien is de statistische schattingsprocedure vrij eenvoudig en blijft de omvang van de steekproef binnen aanvaardbare grenzen. De procedure is zodanig dat de toepassing in standaardkarteringsprojecten mogelijk moet worden geacht.

Tabel 2. Gemiddelde en standaardafwijking van drie bodemeigenschappen binnen twee kaarteenheden van de bodemkaart van Lievelde, schaal 1:10000, en de bijbehorende 90%-betrouwbaarheidsintervallen.

Kaart-eenheid	GHG (cm -mv.)		GLG (cm -mv.)		Dikte bewortelbare zone (cm)	
	gemiddelde	standaard-afwijking	gemiddelde	standaard-afwijking	gemiddelde	standaard-afwijking
Hn53-VI	50,8 ± 5,8	14,2 ± 2,1	134,7 ± 16,1	24,4 ± 3,7	43,6 ± 6,1	12,0 ± 1,8
Hn53-IV	31,4 ± 14,4	16,5 ± 2,4	120,8 ± 21,0	23,4 ± 3,4	42,1 ± 4,5	10,8 ± 1,5

Discussie en samenvatting

Omvangrijk en algemeen onderzoek naar de kwaliteit van bodemkaarten, zoals in het Laren-project, heeft nog weinig invloed gehad op de dagelijkse praktijk van de karteringen. In dergelijke studies zijn de karteringsafdelingen te weinig betrokken. Bovendien geven de resultaten van het onderzoek vaak geen antwoord op de specifieke vragen die zich tijdens een kartering voordoen.

Om het feitelijk rendement van kwaliteitsonderzoek te verbeteren dient dit onderzoek gericht te worden op aspecten die nauw verband houden met de bruikbaarheid van de kaart voor specifieke toepassingen. Daarbij ligt het zwaartepunt op gegevens over de homogeniteit van kaarteenheden met betrekking tot relevante bodemeigenschappen, beoordelingsfactoren en de geschiktheid voor specifieke vormen van bodemgebruik. Gegevens over zuiver pedologische verschijnselen, zoals de kleuren van vlekken, kunnen uit wetenschappelijk oogpunt interessant zijn, maar zijn van weinig betekenis als indicatie voor de bruikbaarheid van een kaart. Ook zuiverheidspercentages blijken als kwaliteitsmaat maar van beperkte betekenis.

Invoering en ontwikkeling van kwaliteitsbeheersing in de karteringen vereisen een samenwerking tussen verschillende afdelingen van een karteringsorganisatie. Gezien het omvangrijke terrein van onderzoek en de beperkte middelen zal dit slechts geleidelijk kunnen gebeuren. Steeds zal een zorgvuldige keuze gemaakt moeten worden uit een groot aantal alternatieven. Elke toepassing kan slechts een beperkte bijdrage leveren aan de totstandkoming van een samenhangend geheel van kwaliteitsgegevens. De aselecte raaienmethode lijkt daarvoor een geschikt middel.

Voorgesteld wordt een informatiesysteem op te zetten voor het opslaan van een groeiende hoeveelheid kwaliteitsgegevens van individuele kaarteenheden. Het systeem zal informatie kunnen verstrekken aan kaartgebruikers over de bruikbaarheid voor verschillende toepassingen. Bovendien zal het een waardevolle bijdrage kunnen leveren aan de verdere uitbouw van de geschiktheidsbeoordelingen en bij het aanpassen of wijzigen van karteringsprocedures of onderdelen daarvan.

Summary

Developments during the last ten years in research on map quality at the Netherlands Soil Survey Institute are sketched and illustrated with examples, followed by a discussion of future purposes.

One development is a shifting from very large projects (e.g. Oxfordshire, Laren), conducted and carried out by research departments, towards much smaller projects in which the survey department is directly involved. While the large projects aimed at comparing the efficiency of different survey methods, the recent smaller projects concentrate on the bottlenecks the surveyors deal with. This leads to a relatively small probability sample of test borings in one or more specific mapping units, after the survey is completed. Special attention is being paid to the cost-effectiveness of the sampling design.

Another development is the search for measures of map quality that are more closely related to the usefulness of a map than purity measures appeared to be. Standard deviations of properties directly related to soil suitability seem promising.

For the future it will be a challenge for soil survey institutes to collect and provide reliable data on quality of particular mapping units, characterized by their pedological composition and the variability of relevant soil properties. This can be realized by creating an information system of quality data. Such a system will be essential to inform users about the possibilities and limitations of maps for different purposes. It can also be used for adapting elements of the survey procedure, especially observation density, map scale and legend composition, and for purposes of land evaluation.

Literatuur

Bakker, H. de & J. Schelling, 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. Pudoc, Wageningen.

Beckett, P.H.T., 1975. The cost-effectiveness of terrain evaluation. Vol. 2: Final Technical Report: Review of Field Work 1971-74. Department of Agricultural Science, University of Oxford.

Beckett, P.H.T. & P.A. Burrough, 1971. The relation between cost and utility in soil survey. IV. Comparison of the utilities of soil maps produced by different survey procedures and to different scales. J. Soil Sci. 22, 4: 466-480.

Beckett, P.H.T. & R. Webster, 1971. Soil variability: A review. Soils and Fertilizers 34, 1: 1-15.

Marsman, B.A. & J.J. de Gruijter, 1982. Kwaliteit van bodemkaarten; een vergelijking van karteringsmethoden in een zandgebied. Rapport nr. 1714, Stiboka, Wageningen, 103 pp.

Powell, J.C. & M.E. Springer, 1965. Composition and Precision of Classification of Several Mapping Units of the Appling, Cecil and Lloyd Series in Walton County, Georgia. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 29, 4: 454-458.

Schelling, J., 1970. Soil genesis, soil classification and soil survey. Geoderma 4, 3: 165-193.

Scholten, A. & A.G. Beekman, 1983. De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Lievelde. Rapport nr. 1594. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Steers, C.A. & B.F. Hajek, 1979. Determination of Map Unit Composition by a Random Selection of Transects. Soil Sci. Soc. Am. J. 43, 1: 156-160.

Voort, W.J.M. van der, 1981. De bodemkundige variatie binnen twee enkelvoudige legenda-eenheden (Rn44C en Rd90A) op de bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000. Boor en Spade 20.

Wilding, L.P., R.B. Jones & G.M. Schafer, 1965. Variation of soil morphological properties within Miami, Celina and Crosby mapping units in West-Central Ohio. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 29, 6: 711-717.

Bodemgegevens in digitale ruimte

S.W. Bie

Dimensies in de bodemkunde

Onder de vele wetenschappen heeft de bodemkunde een stadium van rijpheid bereikt. We staan nu voor de uitdaging te voorkomen dat onze wetenschap overrijp wordt. In dit artikel wil ik aangeven dat een sleutel voor verdere ontwikkeling van de bodemkunde is gelegen in een herziening van de verzameling dimensies waarop deze wetenschap thans berust. Onze waarneming van de ruimte is beperkt tot drie dimensies. We weten echter dat de ruimte in wiskundige zin meer dimensies kan hebben. Bodemkunde heeft niet zo'n innige relatie met wiskunde en tot nu toe berustte de bodemkunde op het gebruik van eenvoudige twee- en driedimensionale hulpmiddelen voor de informatie-overdracht. Deze hulpmiddelen zijn ons goed van dienst geweest. Dat we nu gaan zoeken naar nieuwe dimensies, betekent niet dat we veronachtzamen wat in het verleden bereikt is.

De bodemkunde heeft drie 'dimensies' waarvan ik geloof dat ze sleutels vormen voor vooruitgang. In dit artikel wil ik deze drie dimensies uitwerken en daarmee een weg voor de toekomst uitzetten. De eerste dimensie is locatie: de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling van waarnemingen en gegevens. De tweede dimensie is covariantie: de relatie tussen enkelvoudige bodemgegevens en de toepassing daarvan in de 'echte wereld'. De derde dimensie is informatie-overdracht: het middel dat we gebruiken om onze bodemkundige kennis aan de buitenwereld over te dragen.

In de conclusie zal ik trachten een brug te slaan tussen de geringe dimensionaliteit van de huidige bodemkunde en de grote dimensionaliteit van de bodemkunde in de toekomst.

Dimensie 1: locatie

Veel geologische en bodeminstituten combineren hun taak op het gebied van de aardwetenschappen met een topografische terreinopname. De behoefte aan een duidelijke plaatsbepaling van bodemgegevens maakte een geodetische basis noodzakelijk. Nederland heeft een grote geodetische traditie; weinig landen zijn gezegend met een landschap dat zo toegankelijk is en waarin driehoeksmeting om optische redenen geen probleem is. Nederland is verwend met het gebruik van een landelijk coördinatensysteem en met 'Universal Transverse Mercator' als alternatief.

In veel landen is het ontbreken van geodetische referenties een grote handicap voor

de ontwikkeling van de bodemkartering. We weten door studies op het gebied van de bodemvariabiliteit dat de bodemgesteldheid op soms zeer korte afstand verandert. Als we niet in staat zijn een nauwkeurige plaatsbepaling op te geven van een stel bodemgegevens (van een profiel of een boring) kunnen we alleen maar een relatief beeld schetsen in een wereld waar het gaat om absolute waarden. In de ontwikkelingslanden is het 'geodetische probleem' van ernstige aard. Het officiële Afrikaanse geodetische referentiesysteem bevat punten die er tot 10 km naast liggen (Sikilo, 1981). Dat is 10 000 m in een 'bodemwereld' waar 50-80% van alle variabiliteit zich kan afspelen binnen een paar honderd meter. De LANDSAT-satellieten zouden gegevens leveren aan bodemkundigen, maar ze hebben hen teleurgesteld. Paradoxaal genoeg hebben deze satellieten de Derde Wereld voorzien van nauwkeurige geodetische gegevens. De precisie van LANDSAT-beelden die genomen zijn vanaf een baan om de aarde en die alleen met baanparameters gecorrigeerd zijn, overtreft de kwaliteit van conventionele kaarten van afgelegen streken zelfs met een factor van 5-100. Hoewel ze niets met de bodem te maken hebben, kunnen de navigatiesatellieten van de TRANSIT-generatie en nu ook NAVSTAR de x- en y-coördinaten van bodemwaarnemingen exact aangeven. Het is een belangrijke uitdaging aan de ruimte-industrie om de kosten van plaatsbepaling vanuit de ruimte terug te brengen van *f* 400 000,- naar bij voorbeeld *f* 10 000,- per ontvangtoestel. Hierdoor zou de positie van een bodemkundige waarneming waar ook ter wereld op 5 m nauwkeurig kunnen worden vastgelegd. Op de lange duur moeten we de ontwikkelingslanden niet alleen bodemkaarten verschaffen, maar bodemkaarten met een verantwoorde geodetische basis.

Een tragedie voor de bodemkartering is het militaire dwangbuis waarin onze collega's in Oost-Europa zich bevinden, waar het de verstrekking van locatiegegevens van de bodem betreft. De onmogelijkheid om bodem op kaarten te relateren aan topografie ontneemt onze collega's uit vele landen een essentiële dimensie van hun werk. Als we hun superieuren de ernst van deze handicap duidelijk kunnen maken, kunnen we weer hopen op nieuwe belangrijke bijdragen van Oost-Europa aan de bodemkunde. Van die bijdragen zullen zij zelf in de eerste plaats kunnen profiteren.

Het mag in Nederland een overbodige stelling lijken, maar voor grote delen van de wereld is een nauwkeurige plaatsaanduiding van bodemgegevens (of de toestemming die te leveren) de allergrootste bijdrage aan de bodemkunde.

Dimensie 2: covariantie

Er bestaan bodemkundige gegevens die zonder meer relevant zijn voor bodemgebruik. Dat kan bij voorbeeld het geval zijn als het gaat om de wegenbouw. De meeste verzamelaars van bodemgegevens hebben minder geluk. Diegenen van ons die een agrarische of een bosbouwkundige achtergrond hebben, zijn zich twee zaken bewust:

- de bodemgesteldheid is slechts een van de factoren die de geschiktheid, produktiviteit en dergelijke bepalen, en ze is niet noodzakelijkerwijs de dominante factor;
- we verzamelen dikwijls gegevens van bodemvariabelen die gemakkelijk of goedkoop te meten zijn, en hopen dan dat deze variabelen sterk gecorreleerd zijn met factoren die meer direct met produktiviteit te maken hebben; deze laatste zijn duur om te meten.

Sommigen van ons hebben er herhaaldelijk op gewezen dat bodemfactoren zoals wij ze meten, een wisselende en vaak slechts zwakke invloed hebben op de bedrijfsresultaten van land- en bosbouwbedrijven.

Dezer dagen verschijnt een studie over wereldvoedselproduktie, verricht door het Internationaal Instituut voor Systeemanalyse in Wenen in opdracht van de FAO. Bodemkundigen zullen teleurgesteld zijn als ze ontdekken welke bescheiden rol de bodem speelt in het wereldvoedselscenario, en hoeveel nadruk er ligt op klimaat, beheerstechniek en economische infrastructuur. We kunnen als bodemkundigen op twee manieren inspelen op de blijkbaar afnemende rol van bodeminformatie:
- zoals we in het verleden gedaan hebben: de economen negeren en gewoon doorgaan met onze bodemkartering;
- de uitdaging aannemen en onafhankelijk, diepgaand onderzoek stimuleren naar de relaties bodem – produktiviteit.

Het onderzoek op het gebied van de bodemgeschiktheidsbeoordeling en de produktiviteit van grond lijkt mij op een dood spoor geraakt te zijn, doordat veel onderzoekers te sterk gericht zijn op fysiografie en bodemkunde. Complexe geschiktheidsmodellen vol subjectieve wegingen en transformaties zijn niet geloofwaardig meer. Land- en bosbouw bedrijven als een vat olie 30 dollar kost, is heel wat anders dan hetzelfde tien jaar geleden bij een vatprijs van 8 dollar. Het is een houdbare stelling dat de recente uitbreiding van de woestijn meer een functie is van de hoge olieprijs en het daarmee samenhangende gebruik van hout en houtskool, dan van welke klimatologische of demografische factor dan ook. Ik denk hierbij in elk geval nauwelijks aan bodemfactoren.

Als bodemkundigen meer in contact willen komen met planbureaus, zowel in de ontwikkelings- als in de geïndustrialiseerde landen, moeten enkelen van ons tijd en denkwerk spenderen aan het vaststellen van de invloed die bodemgegevens op het algemene planningproces hebben. In de samenwerking met internationale planbureaus gedurende de laatste jaren heeft het mij getroffen hoe weinig bodemkundigen actief laten zien, wat de waarde van bodemgegevens is.

De periode van 'milieu-euforie' is voorbij, maar de bezorgdheid voor het milieu is er nog steeds. Europa en Noord-Amerika zijn opgeschrikt door de zure regen, die men nu als oorzaak ziet van het sterven van de Scandinavische meren in de laatste 25 jaar. Wij worden geconfronteerd met een complexe milieuramp die het gevolg is van de interactie van atmosferische zwavel- en stikstofhoudende gassen, vegetatie- en bodemgebruiksvariabelen, kationen in de bodem, en biologische aspecten. Bodem is niet alles, maar het is een belangrijke dimensie. Bodemkundigen moeten bereid zijn actief interdisciplinair samen te werken en traditioneel ingestelde bodemkundige instituten moeten niet bang zijn voor andere disciplines.

Het andere type van covariantie is statistisch gezien eenvoudiger. Sommige bodemvariabelen zijn gemakkelijk of goedkoop te meten: kleur (Munsell charts), textuur, diepte van horizonten en afzettingen, worteldiepte, vlekken en concreties, pH-test met zoutzuur. Veel van onze veldbodemkunde berust op simpele metingen. Toch zijn er nauwelijks studies gepubliceerd waarin deze variabelen gerelateerd worden aan andere die van belang zijn voor verschillende vormen van bodemgebruik. We vervangen deze covariantiestudies door te verwijzen naar de klassen van de bodemclassificatie, omdat we verwachten dat deze klassen ook voor andere variabelen homogeen zullen zijn. Ver-

derop in mijn verhaal zal ik trachten een methode aan te geven om de kloof te overbruggen tussen zulke bodemclassificaties en een meer algemene multidimensionale ruimte.

De discussie over covariantie staat centraal, als het gaat om het maken van afgeleide of geïnterpreteerde bodemkaarten. Het omzetten van een algemene bodemkaart in een afgeleide kaart houdt in de meeste landen, inclusief Nederland, in dat de bodemkaart wordt overgekleurd, waarbij geen nieuwe grenzen worden toegevoegd doch slechts enkele bestaande worden weggelaten. Deze interpretaties van bodemkaarten mogen waardevol geweest zijn in het verleden, en ze mogen van vitaal belang geweest zijn voor bodemkundige instituten die voor hun inkomsten van opdrachten afhankelijk zijn; nu is de tijd gekomen opnieuw na te denken over de interpretatie van bodemgegevens voor de toepassing.

Interpretatie bestaat in het toepassen van een aantal algoritmen op een model. De kwaliteit van het resultaat hangt af van het model en van de algoritmen. Bij de huidige produktie van interpretatiekaarten volgen we de volgende gedachtenlijn:

1. we hebben enige kennis van bodemeigenschappen die relevant zijn voor een specifieke vorm van bodemgebruik;
2. we rangschikken de klassen uit onze bodemclassificatie in overeenstemming met hun waarden voor deze eigenschappen;
3. we middelen de waarde voor kaarteenheden door het aandeel uit te rekenen dat elke bodemklasse in elke eenheid uitmaakt;
4. we kleuren de bodemkaart opnieuw in op basis van de berekende gemiddelde waarden.

De stap van 1 naar 2 berust op absoluut geloof in sterke covariantie. De stap van 2 naar 3 berust op het samenvallen van de grenzen van kaarteenheden en bodemklassen en op de vooronderstelling dat de proportie van elk bodemtype in elke eenheid nauwkeurig bekend is. De stap van 3 naar 4 is een mechanische, maar hij is alleen gebaseerd op bodemgegevens.

Ik betoog dat deze gedachtenlijn, nuttig als hij in het verleden geweest kan zijn, de grenzen van zijn oplossend vermogen heeft bereikt en dat een nieuwe en sterkere vergroting in onze 'bodemmicroscoop' moet worden aangebracht.

Ik stel voor dat de stappen 2, 3 en 4 vervallen en dat we dus alleen beschikken over de bodemgegevens in ruwe vorm. Geloof in covariantie tussen classificatie en interpretatie is niet meer nodig. Maar nieuwe gegevens moeten worden toegevoegd: deels bodemvariabelen die gewoonlijk niet gemeten worden (in Noordwesteuropese condities zijn bodemfysische variabelen doorgaans van groot belang) en deels niet-bodemkundige variabelen. De laatste zullen per gebied variëren, maar ze zullen zeker bevatten: actueel technologisch niveau, economische factoren (inclusief de olieprijs), en politieke en beheersrichtlijnen.

Voor de interpretatie van bodemkaarten dienen zowel het model als de algoritmen gewijzigd te worden. Het model dient niet langer 'de bodemkaart' te zijn, maar een uitgebreidere set bodemgegevens plus gegevens van biologische, technische en sociaaleconomische aard. De algoritmen dienen niet alleen bodemkundige maar alle gegevens te bevatten. Ze moeten niet nationaal zijn maar lokaal. De interpretatie van bodemkaarten wordt zo in wezen landevaluatie, niet in een wereldwijde betekenis, maar lokaal geoptimaliseerd.

In veel landen zal de overgang naar een nieuw interpretatiemodel en nieuwe algoritmen problemen van institutionele aard veroorzaken. Bodemkundige instituten zijn ontstaan in een vroegere, zuiverder 'bodemwereld'. Particuliere uitvoerende bureaus zorgden voor het gebruik van de bodemkundige informatie in het planningproces. Met het nieuwe model en de nieuwe algoritmen krijgt een bodemkundig instituut onvermijdelijk de ambitie een terrein te annexeren dat adviesbureaus als het hunne zien. Anderzijds zijn de adviesbureaus voor hun modellen afhankelijk van bodemexpertise. Het is duidelijk dat wetenschappelijke veranderingen consequenties kunnen hebben op organisatorisch gebied. Er zijn veel wegen om deze consequenties op te vangen. Een ding is stellig universeel: op den duur is het onzinnig om ten behoeve van een verouderde structuur van instituten kunstmatige scheidingen aan te brengen in de keten van informatieverwerking.

Dimensie 3: informatie-overdracht

De zorg om datatechnologie in het verleden heeft soms het zoeken naar inherente functies voor gegevensoverdracht geblokkeerd. Zulke functies zijn bij voorbeeld gereedschappen voor het opvragen en het verrijken van informatie. Nu datatechnologie meer gemeengoed is geworden, hebben we weer tijd om na te denken. Ik vraag u om met mij mee te denken over een bepaald type functies voor gegevensoverdracht.

Voor begrip van de bodem is informatie over bodemeigenschappen fundamenteel. De bodem wordt geclassificeerd op grond van bodemeigenschappen. Kaartlegenda's leveren kaarteenheden op. Bodemkarteerders omgrenzen het voorkomen van deze kaarteenheden met gebruikmaking van een bepaalde kaartschaal.

De wereldcollectie van dit soort bodemgegevens is heterogeen en het lijkt onmogelijk deze met terugwerkende kracht te standaardiseren. Toch kan deze collectie een geweldige erfenis zijn, als we maar een instrument bezaten dat er inzicht in gaf, ongehinderd door veranderende tradities en werkprocedures.

Onlangs is zo'n instrument beschreven (Bie & Lamp, 1983), hoewel in een iets andere context. De eerlijkheid gebiedt te zeggen, dat het instrument nog niet is gehanteerd, maar het bevat interessante mogelijkheden om het 'bodemprobleem' te lijf te gaan. De benadering behelst het projecteren (terugvertalen) van bodemklassen uit bestaande classificaties naar een n-dimensionale hyperruimte, waarin ze parametrisch worden vastgelegd en dus vergelijkbaar zijn. Ik zal deze methode nu wat meer in detail behandelen.

Gebruik van de definitie van een bodemklasse

Een bodemklasse (uit elke traditionele bodemclassificatie) wordt beschreven met een stel van differentiërende criteria. Elk criterium (bodemeigenschap) heeft een minimum- en een maximumwaarde voor elke klasse. Als er een stel van n differentiërende criteria is, wordt de bodemklasse beschreven door een stel van n minimum- en maximumwaarden. Dit stel wordt de klasse-omhulling genoemd en het neemt een unieke plaats in

in de n-dimensionale hyperruimte. Andere klassen nemen andere unieke posities in, hetzij in een n-dimensionale hyperruimte hetzij in een m-dimensionale hyperruimte (daar niet alle klassen gedefinieerd behoeven te zijn met hetzelfde stel criteria). Bij een bepaalde bodemclassificatie kunnen geen twee klassen dezelfde plaats in een hyperruimte innemen, gedefinieerd met de kleinste verzameling criteria voor een klasse, dat wil zeggen dat er geen overlappende klassen zijn. Deze eigenschap van een bodemclassificatie stelt ons in staat specifieke dingen te zeggen over een geclassificeerd bodemindividu, bij voorbeeld een profiel. Hoe smaller het traject van waarden voor elk differentiërend criterium, hoe preciezer de uitspraken die we kunnen doen. Als we een bodemindividu alleen aan zijn klassenaam kennen, kunnen we daaruit de mogelijke minimum- en maximumwaarde afleiden van een differentiërend criterium door te verwijzen naar de klasse-omhulling. Soms kan een subomhulling omschreven worden, namelijk als veel individuen zich dicht bij een gemiddelde waarde bevinden.

We kunnen nu een aantal niet-differentiërende bodemeigenschappen toevoegen aan de differentiërende, en daarmee een uitgebreide klasse-omhulling definiëren in een s-dimensionale hyperruimte, waarbij s de som is van de differentiërende en de niet-differentiërende eigenschappen. Als alle n- differentiërende criteria meedoen, zal de plaats van de 'uitgebreide klasse-omhulling' uniek zijn in de s-ruimte, en een bodemindividu kan uniek worden gedefinieerd. Als we echter één of meer differentiërende criteria uitsluiten bij de definitie van een 'uitgebreide klasse-omhulling' kunnen deze klassen overlappingen gaan vertonen. Dit betekent dat een bodemindividu dat tot een bepaalde klasse behoort, kan vallen binnen de 'uitgebreide klasse-omhullingen' van één, twee of nog meer klassen.

Als we een groot aantal geclassificeerde bodemindividuen hebben, elk met een verzameling niet-differentiërende criteria, kunnen we deze individuen gebruiken om de 'uitgebreide klasse-omhulling' voor die verzameling te beschrijven.

Verschillende bodemclassificaties

De opgezette redenering is van toepassing op elke traditionele bodemclassificatie. We kunnen dus elke klasse van zo'n classificatie projecteren in een multidimensionale ruimte, haar klasse-omhulling vaststellen, en haar uitgebreide omhulling. Het beschrijven van bodemindividuen met hun posities in de multidimensionale ruimte maakt vergelijking van deze individuen mogelijk, ongeacht de bodemclassificaties waarmee ze geclassificeerd zijn.

Bodemclassificaties verschillen echter in hun differentiërende criteria. Om twee bodemindividuen, geclassificeerd volgens twee classificaties, te kunnen projecteren in dezelfde multivariabele ruimte, zullen we één van de twee classificaties moeten aanvullen met een aantal niet-differentiërende criteria. Er lijken twee wegen te zijn om dit te doen:

- door een referentieset bodemindividuen te classificeren volgens een aantal relevante classificaties en een grote reeks niet-differentiërende kenmerken te meten bij elke classificatie, en zo een exacte referentie-basis te creëren;
- door bodemindividuen naast elkaar te stellen die identiek zijn op een relatief klein

aantal eigenschappen, en van deze de waarden te schatten van andere kenmerken (indien mogelijk), om zo een geschatte referentie-basis te creëren. Een referentiebasis kan bestaan uit een mengeling van exacte en geschatte gegevens.

Toepasbaarheid op bodemkaartlegenda's en bodemkaarteenheden

Een bodemkaartlegenda definieert de bodemtypen van een gebied in termen van kaarteenheden. Legenda's kunnen verschillen, doordat volgens verschillende procedures informatie wordt overgedragen op verschillende niveaus. Kaartlegenda's zijn gedefinieerd in termen van kaarteenheden, die op hun beurt zijn gedefinieerd met klassen uit een bodemclassificatie. Voor eenvoudige kaartlegenda's met kaarteenheden die slechts één bodemklasse bevatten, kunnen we een schatting maken van de waarden van de bodemeigenschappen in het omgrensde gebied door te verwijzen naar de nationale referentiebasis van die klasse. Deze schatting is onderhevig aan veel fouten, waaronder kaartonzuiverheden, maar kan toch de best beschikbare zijn. Door aanvulling met lokale bodeminformatie uit bij voorbeeld het bij de kaart behorende rapport, kan deze schatting worden verbeterd.

Referentiebases

De voorgaande alinea's kunnen worden opgevat als een pleidooi voor de oprichting van nationale en internationale referentiebases. In het verleden was zoiets ondenkbaar vanwege het zeer grote aantal gegevens dat zulke bases zouden moeten bevatten. Het is mogelijk referentiebases op te richten door een steekproef te trekken uit alle beschikbare gegevens om op die manier de hoeveelheid werk te beperken. De te kiezen steekproefmethode is van veel belang voor het resultaat en dient het onderwerp te zijn van een aparte studie. Een referentiebasis wordt het gemakkelijkst gevormd door gebruikmaking van numerieke classificatietechnieken en de hulp van computers.

Het werken in een multidimensionale ruimte gaat 'normale' mensen te boven en we zullen daarom meer op computers moeten vertrouwen. De informatietechnologie heeft zich ver ontwikkeld in de tienenhalf jaar die voorbij zijn gegaan sinds Schelling het WIA-project startte en ik bij Stiboka kwam. De eerste generatie minicomputers kwam in die tijd en nu hebben we de tweede. Maar parallel hieraan verloopt de microrevolutie en, misschien van meer belang voor ons, de bouw van computers die gespecialiseerd zijn in grafische databehandeling.

Het is een dwingende eis, dat nieuwe mensen open staan voor nieuwe gereedschappen voor gegevensverwerking. Schelling bevond zich in de voorhoede, toen ruim tien jaar geleden de eerste bodeminformatiesystemen opgebouwd werden. Het moet hem een enorme voldoening geven te zien, hoe ver een en ander gerijpt is en hoe de belangstelling overal ter wereld is toegenomen. Toch ben ik ervan overtuigd, dat velen enigszins teleurgesteld zijn, dat de informatiesystemen ons niet het beloofde land gebracht hebben. Omscholing van mensen is meer dan hen vullen met nieuwe feiten en nieuwe technieken. Het sleutelwoord is 'nieuwe wil'. En die kan in tegenstelling tot de technieken niet ge-

kocht worden. Die heeft alleen tijd nodig. Ik geloof dat het beloofde land in zicht is, het zal geen dertig jaar meer duren. De economische beperkingen die de meeste geïndustrialiseerde landen worden opgelegd, vormen een grote hulp. Een paradox? Stiboka bevindt zich in de planningsector van de samenleving. Plannen vormen de sleutel voor toekomstige produktie en expansie. Dit is de tijd om aan te vallen. Nieuwe methoden, nieuwe gereedschappen. Misschien zouden alle bodemkarteringsdiensten de in opdracht verzamelde bodemgegevens op schijf moeten zetten en elke klant moeten voorzien van een complete huiscomputer met kleuren-monitor en eenvoudige programmatuur, gratis bij het eindrapport. Het is te koop voor twee- à drieduizend gulden. De echte markt voor bodemgegevens wordt gevormd door de planners. Geef hun een stuk gereedschap, schep een nieuwe markt.

Conclusies

De brug tussen de lage dimensionaliteit van de oude bodemkunde met zijn classificaties, interpretatietabellen en bodemkaarten voor algemene doeleinden, en de hoge dimensionaliteit van de nieuwe bodemkunde is geplaveid met statistiek, realistische modellen en elektronische gegevensverwerking. Maar dit plaveisel vormt juist de basis voor de vooruitgang van een wetenschap. Eindelijk zijn we bevrijd van de oude beperkingen waarmee we moesten leven, en bevrijd van de eerste generatie datatechnologie, die we met zoveel overgave verfoeien. Zo kan de bodemkunde weer verder komen, in digitale ruimte, maar met beide benen op de grond.

Naschrift

De auteur dankt Juergen Lamp (Universiteit van Kiel, Bondsrepubliek Duitsland) en Hans van Baren (International Soil Museum, Wageningen) voor hun bijdrage aan het concept van de 'klasse-omhulling'.

Samenvatting

Als bijdrage aan een vernieuwing van de bodemkunde worden drie dimensies voorgesteld:
– vastleggen van bodemkundige waarnemingen met x- en y-coördinaten met een geodetisch verantwoorde nauwkeurigheid, vooral van belang in Oost-Europa en de ontwikkelingslanden;
– covariantiestudies gericht op de kwantificering van relaties tussen bodemvariabelen enerzijds en technische en sociaal-economische factoren anderzijds in produktiviteitsonderzoek;
– aanvullen van traditionele bodemclassificaties met schattingen van de 'klasse-omhullingen' (klassegrenzen) voor differentiërende en niet-differentiërende criteria. Hierdoor wordt een vergelijking van geclassificeerde bodemindividuen los van de gebruikte classi-

ficaties mogelijk en kunnen duidelijker uitspraken worden gedaan.

Technologische vooruitgang van bodemkundige informatiesystemen maakt ook economische efficiëntie mogelijk. Omscholing van personeel is belangrijk. Nieuw, jong personeel zal nieuwe technieken en methoden gemakkelijk accepteren.

Summary

It is suggested that three dimensions may contribute to a rejuvenation of soil science:
- improved geodetic referencing for locating soil observations by x, y-coordinates (particularly important in Eastern Europe and the developing countries);
- covariance studies designed to quantify the relations between soil variables, and technical and socio-economic factors in productivity studies, derived maps should be based on the initial soil variables, not on soil classes or soil mapping units;
- supplementing traditional soil classifications with estimates of the class envelopes (class limits) both for definitive criteria and for associated properties. This allows a comparison of classified soil individuals regardless of classification used, and offers a tool for more precise statements.

Technological progress in soil information systems offers hope for efficient low-cost systems. Retraining of staff is important. New young staff members are more likely to accept new technology and methodology.

Literatuur

Bie, S.W. & J. Lamp, 1983. Criteria/Soft Hardware for Global Land/Soil Monitoring System. UNEP, Nairobi. Na. 83-5175.

Sikilo, B.A., 1981. Status of present mapping and needs in Africa. Proc. Scandinavian Map Days 1981, Oslo, p. 18.1-18.13.

Onderzoek van bodem en landschap: analyse en synthese

J. Schelling

Inleiding

Algemeen

Voor goed onderzoek is een stelsel van begrippen, theorie en methoden nodig. Dit stelsel dient wetenschappelijk verantwoord te zijn, maar tegelijkertijd resultaten op te leveren die bruikbaar zijn voor de praktijk. Sturen van het onderzoek houdt in: het kritisch begeleiden van het werk, het aanpassen van de methoden aan nieuwe mogelijkheden, en het inspelen op vragen uit de maatschappij. Om de kartering te verbeteren moeten we de kwaliteit van de eigen produkten kunnen meten om zo de sterke en zwakke kanten te leren kennen. Mijn visie op de grote lijn in het werk van Stiboka zal ik in dit artikel schetsen. Hoewel het zicht op de toekomst beperkt is, lijkt het toch de moeite waard een impressie van het perspectief te geven. Hopelijk spreekt dat tot de verbeelding, terwijl het toch zo abstract blijft, dat er veel speelruimte is voor specifieke ontwikkelingen.

De fysiografische school van Edelman en het correlatief complex

In 1950 beschreef Edelman hoe de bodemkartering toen werd bedreven. Hij legde daarin terecht de nadruk op de bodem in samenhang met het landschap, de fysiografische elementen aan het aardoppervlak. Hij introduceerde de bodemkundige landschappen, waarin bodem, geologie, geomorfologie, cultuurhistorie en overige zichtbare kenmerken van het landschap zijn verweven. Hij kondigde toen de komst van een morfometrische classificatie aan, waarbij – in navolging van internationale ontwikkelingen – meer met maat en getal wordt gewerkt. Een holistische benadering van het landschap en de bodem gaat uit van de totaliteit, die meer is dan de som van de onderdelen. Dit begrip is afkomstig uit de biologisch-filosofische theorie. Het holisme is een essentieel kenmerk van de bodemkartering volgens Edelman. Een ander begrip dat ook met het geheel van bodem en landschap heeft te maken, is het correlatief complex. Al in 1949 werd er een discussie gevoerd tussen Edelman, als aanhanger van het correlatief complex, en Visser, als aanhanger van de polyfactoranalyse. Bij het correlatief complex ging Edelman er van uit dat de bodem bestaat uit een complex van eigenschappen die onderling nauw met elkaar zijn gecorreleerd. Dat was een vlaksgewijze, op de synthese gerichte benadering. De polyfactoranalyse van Visser maakte gebruik van de relatie tussen bodemfactoren en

opbrengsten, met een verwerking van de gegevens per boorpunt. De discussie van Bie (elders in dit boek) over de covariantie is een voortzetting van deze polemiek uit 1949. Veel waardevols uit de vroegere inzichten is in de huidige methoden behouden, terwijl toch de ontwikkeling doorgaat.

Analyse en synthese

Er wordt soms polariserend over de tegenstelling tussen analyse en synthese gesproken. Analyse wordt gezien als ontbinding in bestanddelen van iets dat voor de geest een samenstel is, om te komen – volgens Van Dale – tot beter begrip. Synthese wordt omschreven als verbinding van afzonderlijke elementen tot een nieuw geheel; synthese treedt steeds daar op, waar de kennis omtrent de delen aan die omtrent het geheel vooraf ging. Het is niet zo'n verwonderlijke ontwikkeling, dat – na een stadium van beschrijving en classificatie in holistische zin – de voortgaande kwantificering in de veldbodemkunde tot een meer analytische aanpak heeft geleid. Deze is nu zover gevorderd, dat een nieuwe synthese tot de mogelijkheden behoort. Visser (1949) verwachtte ook dat de methoden verder naar elkaar toe zouden groeien.

Statische en dynamische kartering

De bodemkartering was van origine zeer statisch ingesteld, omdat het de bedoeling was alleen de onveranderlijke eigenschappen te karteren. Zodra echter ingrijpende wijzigingen optraden in de reeds gekarteerde grondwaterstandsfluctuaties, moest dit beginsel overboord worden gezet. Vragen uit de praktijk, zoals over bodemverontreiniging, wateronttrekking en milieu-effectrapportage, hebben ook dynamische aspecten. Dit kan gevolgen hebben voor de karteringsmethoden.

De kleinste bodemeenheid, het pedon, als correlatief complex

De Bakker & Schelling (1966) hebben een ordening gegeven voor de kleinste bodemeenheden, pedons in het landschap en punten op de kaart. Steur & De Bakker geven elders in dit boek een scala van mogelijkheden voor de uitwerking van de lagere niveaus. Ik zal een ander aspect van de bodemclassificatie behandelen, namelijk enige concepties die er de basis van vormen.

Het pedon is een kunstmatig individu van arbitraire afmetingen. Het is in figuur 1 afgebeeld als een zeszijdig prisma met een diameter van ongeveer 1 m. De afmetingen worden bepaald door de variaties in bodemeigenschappen die worden gebruikt voor de classificatie.

Het ideale beeld van het correlatief complex kan het eenvoudigst worden geïllustreerd in twee dimensies, zoals in figuur 2. De waarden van de twee uitgezette eigenschappen hangen nauw met elkaar samen, zodat de ene gemakkelijk uit de andere kan worden afgeleid. Breiden we dit model uit met een groot aantal eigenschappen, dan ontstaan

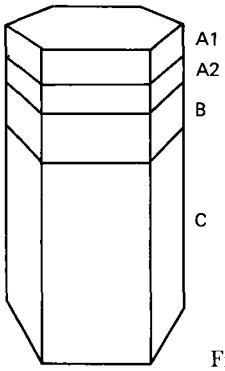


Fig. 1. Het pedon, de kleinste bodemeenheid of het individu.

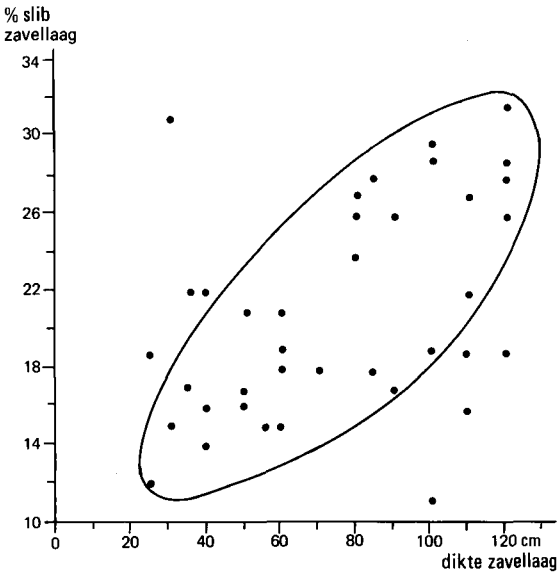


Fig. 2. Het correlatief complex in twee dimensies: de correlatie tussen de eigenschappen percentage slib (deeltjes kleiner dan 16 μm) en de dikte van de zavellaag in cm (naar W.C. Visser, 1949).

klonteringen of clusters in de veeldimensionale ruimte. Deze clusters zijn in het ideale geval vrij compact. Bie werkt elders in dit boek uit, hoe hiervan gebruik kan worden gemaakt.

Het ideale beeld van de clusters van het correlatief complex zetten we nu naast andere beelden die berusten op ervaring en onderzoek. Hierbij moeten we goed in de gaten houden, dat er steeds sprake is van clusters die bestaan uit pedons die tot een bepaalde bodemeenheid zijn gerekend bij een specifieke kartering.

Iedere ervaren karteerder weet heel goed, dat het moeilijk is een bodemprofiel te vinden dat voor een bepaalde eenheid karakteristiek is. Zo'n karakteristiek profiel moet

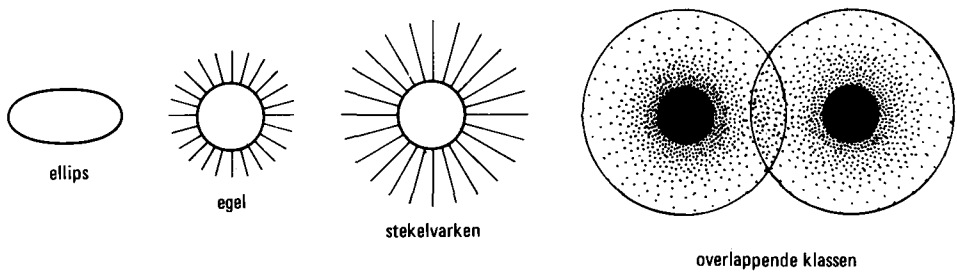


Fig. 3. Toenemende gecompliceerdheid van de omgrenzing van de (tweedimensionaal afgebeelde) abstracte voorstelling van bodemclassificatie- en kaarteenheden.

niet alleen aan alle eisen voldoen die voor de desbetreffende eenheid gelden, maar moet ook nog de meest typische vertegenwoordiger ervan zijn. Meestal is een aantal eigenschappen van een bepaald profiel wel karakteristiek, maar enkele andere eigenschappen hebben toch enigszins afwijkende waarden. Wanneer deze ervaring wordt vertaald in het hiervoor genoemde clustermodel, dan is dat – tot twee dimensies gereduceerd – niet een ellipsvormige puntenzwerm, maar een grilliger beeld, zoals dat van een opgerolde egel (fig. 3).

De Gruijter (1977) bestudeerde de verticale correlatie in het bodemprofiel, de samenhang tussen de boven elkaar gelegen lagen. Uit dat onderzoek blijkt dat in Stedum-Loppersum de lagen van 0-120 cm niet erg nauw samenhangen met die tussen 120 en 200 cm. Met andere woorden: een bodemkaart van dit gebied die berust op waarnemingen en indelingen van de lagen van 0-120 cm diepte, geeft niet zo'n goede voorspelling voor de lagen tussen 120 en 200 cm.

Het onderzoek van Marsman & De Gruijter (1982) heeft nieuwe gegevens opgeleverd over de grootte van waarnemings- en meetfouten. Deze fouten vormen een bron van afwijkingen die bijdragen tot de grilligheid van grenzen van classificatie-eenheden zoals die bij de kartering worden gehanteerd.

Behalve deze aangetoonde oorzaken bestaan er vermoedelijk andere, zoals de toevallige variatie die in de natuur aanwezig is, en het verschil in opvatting bij karteerders over het ideale beeld van een bepaalde bodemeenheid.

Het komt er op neer, dat het stukje veeldimensionale ruimte dat door de klassegrenzen van een bodemclassificatiesysteem wordt omsloten, niet gelijkmatig gevuld hoeft te zijn, en dat de werkelijke inhoud, zoals die bij de kartering wordt opgenomen, ook buiten die grenzen kan uitsteken.

Kaartvlakken en kaarteenheden van de bodemkaart

Betrof het voorgaande de kleinste eenheden van de bodem die nog alle eigenschappen bezitten die essentieel zijn, het volgende betreft vlaksgewijze informatie, zowel de kaartvlakken van de bodemkaart als de klassen van de kaartlegenda, de kaarteenheden. In figuur 4 is een driedimensionaal bodemlichaam afgebeeld zoals dat in het veld voor-

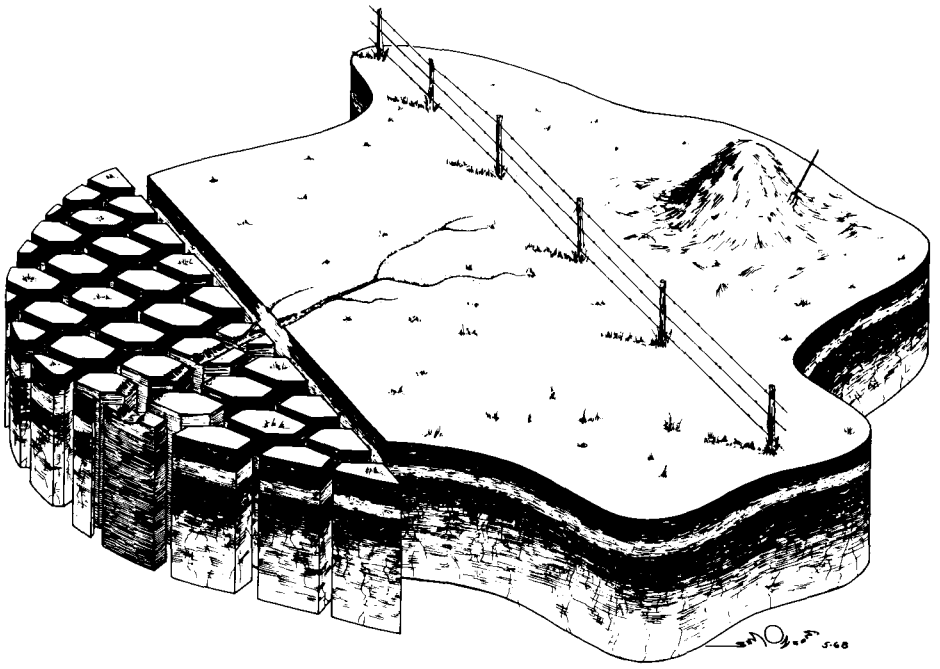


Fig. 4. Driedimensionale afbeelding van een bodemlichaam overeenkomend met een kaartvlak (naar Simonson, 1964; met toestemming overgenomen uit Geoderma 4 (1970), no. 3).

komt. Dit lichaam wordt op de kaart weergegeven als een gelijkvormig kaartvlak. Op het linkerdeel van de figuur is getekend, hoe het vlak opgebouwd kan worden gedacht uit pedons, als elementen uit een blokkendoos.

Omdat Marsman & De Gruijter dit elders in dit boek uitvoerig behandelen, volsta ik met enkele hoofdlijnen. Wat opvalt is de grote variatie die in de bodem kan optreden binnen kaartvlakken, zelfs bij zeer gedetailleerde kaarten. De geschiktheid voor specifieke toepassingen varieert ook binnen de kaartvlakken, maar iets minder sterk dan de variatie in bodemeigenschappen doet vermoeden. Dit wordt veroorzaakt door een grotere overeenstemming in geschiktheid tussen het onzuivere en het zuivere deel van de kaartvlakken.

Waar het nu om gaat is de constatering, dat het correlatief complex, als het op kaarteenheden en kaartvlakken wordt toegepast, minder nauwe correlaties oplevert dan we vroeger veronderstelden. Het beeld van de werkelijke inhoud van een enkelvoudige kaarteenheid ziet er veel grilliger uit dan dat van de desbetreffende bodemclassificatie-eenheid.

Wat in figuur 3 in twee dimensies is afgebeeld, is een geschematiseerde voorstelling in de eigenschappenruimte van de zwerm van alle individuen die tot een eenheid zijn gerekend. Links zien we het oude, geïdealiseerde beeld van de ellips als model van de bodemclassificatie-eenheid, daarnaast de egel als een meer realistisch model van die

eenheid, en dan rechts daarvan het stekelvarken als model van de kaarteenheid. De stekels van egel en stekelvarken geven aan dat er individuen tot de eenheid zijn gerekend die in de eigenschappenruimte uitsteken buiten de omgrenzing volgens de criteria. Deze wat agressief aandoende beelden kunnen beter door wat abstractere worden vervangen, zodat we niet aan een hoop stekelvarkens hoeven te denken bij een kaartlegenda, maar kunnen spreken over overlappende klassen. Uiterst rechts in de figuur is dit schematisch aangegeven met twee puntenzwermen, waarvan de buitenste punten even ver weg liggen van het centrum als de uiteinden van de stekels van het stekelvarken. De grens geeft in dit geval de werkelijke inhoud weer. De overlapping betreft meestal slechts één of enkele differentiërende kenmerken; de niet-differentiërende eigenschappen zijn daarentegen vaak nauwer gecorreleerd. Die overlapping kan nu exact worden gemeten en gedefinieerd, zodat de gebruiker kan nagaan wat dit voor hem betekent.

De kartering, nog steeds een kunst en een wetenschap tegelijk, wordt daarmee leverancier van een volwaardig produkt, waarop kwaliteitsbeheersing wordt toegepast. Er kan dan ook meer gericht en verantwoord worden gewerkt aan verbeteringen.

Analyse en synthese in het bodemkundig onderzoek

Zoals in de inleiding is gezegd, zijn analyse en synthese complementair, ze vullen elkaar aan. De werkprocedure van de bodemkartering begint in het kantoor met het verzamelen en analytisch verwerken van gegevens uit verschillende disciplines. Vervolgens gaat men over tot een synthese en wordt een eerste benadering van een bodemkaart gemaakt. Ook het veldwerk bevat zowel analytische als op de synthese gerichte elementen. Een van de moeilijkheden van het beschrijven en het onderzoeken van methoden van bodemkartering schuilt nu juist in die synthese-aspecten. Dat is een van de redenen waarom we anderen slechts op gebrekkige wijze duidelijk kunnen maken wat bodemkartering eigenlijk is.

Voorbeelden van analytisch onderzoek zijn talrijk. Onderzoek buiten de kartering met een synthese-karakter is vrij schaars. Een van de goede voorbeelden hiervan is de studie van Fridland (1976). Fridland bestudeert combinaties van gronden, hun ruimtelijke patronen, de factoren die voor hun ontstaan verantwoordelijk zijn, de classificatie van deze patronen, en de methoden voor de studie van dit onderwerp. Dit soort onderzoek verdient het, in de toekomst meer aandacht te krijgen.

Landschapsonderzoek bij Stiboka

De analytische benadering

De karteringsleider in de begintijd van Stiboka moest veelzijdig zijn en kennis hebben van geologie, historische geografie, milieu, bodemgebruik, land-, tuin- en bosbouw, niet-agrarisch bodemgebruik etc. Deze functie kreeg daardoor onvoldoende diepgang. Daarom werden specialisten aangesteld, van wie hier alleen die op het terrein van het landschap (in ruime zin) worden genoemd.

Het eerste specialisme was de geologie. In die tijd was er behoefte aan vernieuwing. Gelukkig is het onderzoek later door de Rijks Geologische Dienst overgenomen, en is er nu een vruchtbare samenwerking tussen beide instituten.

De geomorfologie, ontwikkeld door Maarleveld, is vervolgens tot bloei gekomen. Dit heeft geresulteerd in de geomorfologische kartering van Nederland op een schaal van 1:50000, ook weer in samenwerking met de Rijks Geologische Dienst. De legenda van deze kaart berust op genese en morfometrie, met – in de kleur – de nadruk op de genese. De ontwikkeling van hulpwetenschap voor de bodemkunde tot een discipline met een eigen doelstelling, is essentieel geweest voor de vorderingen op dit vakgebied. Het is alleen te betreuren dat er niet meer gelegenheid is geweest het ondersteunend onderzoek, met name van de genese, uit te breiden.

De historische geografie is sinds het begin van de bodemkartering erg belangrijk geweest als hulpwetenschap. Dit was te danken aan mevrouw Edelman-Vlam, gestimuleerd door Edelman. Onderzoek van oude bouwlanden, ontginnings- en bedijkingsgeschiedenis leverde belangrijke resultaten op voor de bodemkartering. Hoewel ook hier de taak van hulpwetenschap bleef bestaan, werd onder Vervloet (zie elders in dit boek) de historische geografie als zelfstandige discipline uitgebouwd. Er werd een vorm van onderzoek ontwikkeld die voor toepassingen op verschillende schalen door de gebruikers in toenemende mate wordt gewaardeerd. De combinatie van een pragmatische aanpak die voor planologen en landinrichters bruikbare gegevens oplevert, met de wetenschappelijke interesse waarmee naar de genetisch-historische verklaring wordt gespeurd, bleek vruchtbaar. Aspecten van integratie met andere disciplines, onder andere de bodemkunde, vormen hier een aanzet tot verdere integratie.

De vegetatiekunde was onder de inspirerende leiding van I.S. Zonneveld uitgegroeid tot een belangrijke hulpwetenschap voor de bodemkunde en werd als vakgebied dat zelfstandig wordt bedreven, aangevat. Pas na het vertrek van Zonneveld is het besef ontstaan, dat de oecologie onmisbaar was voor Stiboka. Pape heeft de oecologie bij Stiboka weer nieuw leven ingeblazen. Helaas zijn deze activiteiten niet verder uitgegroeid, en is het geplande Centrum voor Milieukartering niet van de grond gekomen.

Een geheel nieuwe tak van landschapsonderzoek was de landschapsbeeldkartering, met de visuele aspecten van het landschap als onderwerp van studie. De automatisering functioneert hierbij optimaal en dank zij het werk van De Veer en Burrough is een geavanceerde vorm van kartering ontstaan. Deze kan als voorbeeld dienen voor de vakgebieden waarvan de ontwikkeling wat trager gaat. Burrough et al. (1982) hebben uitgebeeld wat de 'zwarte doos' van het Informatiesysteem Landschapsbeeld aan mogelijkheden bevat. Dit soort publikaties zal mogelijk op den duur ook voor andere vakgebieden nodig zijn om de gebruikers op het goede spoor te zetten.

Uit het voorgaande is duidelijk dat de afzonderlijke disciplines zelfstandig zijn ontwikkeld en een bepaald niveau hebben bereikt. Bovendien kunnen ze fungeren als hulpwetenschap. Voor verschillende tweetallen van vakgebieden worden deel-integraties tot stand gebracht, zoals voor historische geografie en bodem.

Uit het voorgaande blijkt wel dat sommige benaderingen al holistisch zijn op zichzelf, en dat er van integratie sprake is in de zin die Zonneveld (1972) daaraan geeft. Het lijkt me niet vruchtbaar een discussie te beginnen over de opvattingen over land en landschap; het is voldoende duidelijk wat Stiboka doet en ieder mag zelf weten hoe hij dat noemen wil. Duidelijk is voor iedereen hoe onduidelijk het begrip integratie nog is, en hoe weinig exacte studie en theorievorming er op dit terrein nog bestaan.

Pogingen tot integratie werden ook gedaan in tal van grote interinsitutionele projecten waar Stiboka aan meewerkte, onder andere de Landelijke Milieukartering, het werk van de Bolwerkgroep, de uiterwaarden, de Midden-Randstad, het Veluweproject en Midden-Brabant. De methoden van deze projecten lopen sterk uiteen. Meestal vindt de integratie pas in een laat stadium plaats en is er dus geen sprake van de integratie van primaire gegevens tot een holistisch geheel.

Sommige gebruikers van onze gegevens hebben behoefte aan geïntegreerde kaarten. De vraagstelling is meestal nog wat vaag, maar deze vraag vormde, naast de interne behoefte om meer aan de integratie te gaan doen, toch de aanleiding om het integratieproject te starten. Het is moeilijk tot een goede vraagstelling te komen voor dit project, maar ook de keuze van onderzoekmethoden is niet eenvoudig, omdat er niet zoveel beschikbaar is.

De tijd is nog niet rijp om hier verder op in te gaan. Aan de hand van kaartvergelijking kan worden geïllustreerd hoe complex het probleem is. Ten Cate et al. (1981) hebben voor een gedeelte van blad 17 Oost (Emmen) een vergelijking gemaakt van de 1:50000-kaarten van geologie, geomorfologie en bodem. Er blijken grote verschillen tussen deze kaarten te bestaan. Figuur 5 geeft een vergelijking tussen de geomorfologische kaart en de bodemkaart van de afbeelding van veen of geen veen. Beide kaarten blijken daarin niet geheel overeen te stemmen. De analyse gaat nog niet erg diep, maar brengt toch een aantal mogelijke oorzaken van de geconstateerde verschillen in begrenzing aan het licht:

- verschillen in kaartlegenda's en in definitie van kaarteenheden;
- methode van karteren: o.a. aantal en spreiding van de boringen, de wijze van vaststellen van kaartvlakken, en de manier van weergeven van de gegevens uit de boringen;
- beperkingen van de kaart, bijvoorbeeld het samenvallen van bodem- en grondwatertrapgrenzen;
- generalisatie;
- andere oorzaken, zoals interpretatie, fouten in beoordeling en plaats van weergeven, etc.

De oorzaken van verschillen kunnen principieel zijn, methodisch, of ze kunnen behoren tot de normale fouten en afwijkingen die iedere kaart bevat. Tenslotte is de persoon van de karteerder een belangrijke factor, die zelfs binnen één discipline al een bron van verschillen kan zijn.

De ogenschijnlijk zo eenvoudige weg van integratie, die begint met het over elkaar leggen van deelkaarten om zo tot één kaart te komen, bevat dus al veel voetangels en klemmen. Er zijn ook benaderingen van integratie waarbij onderzoekers van verschillende disciplines samen karteren en direct een geïntegreerde kaart maken. Door onder-

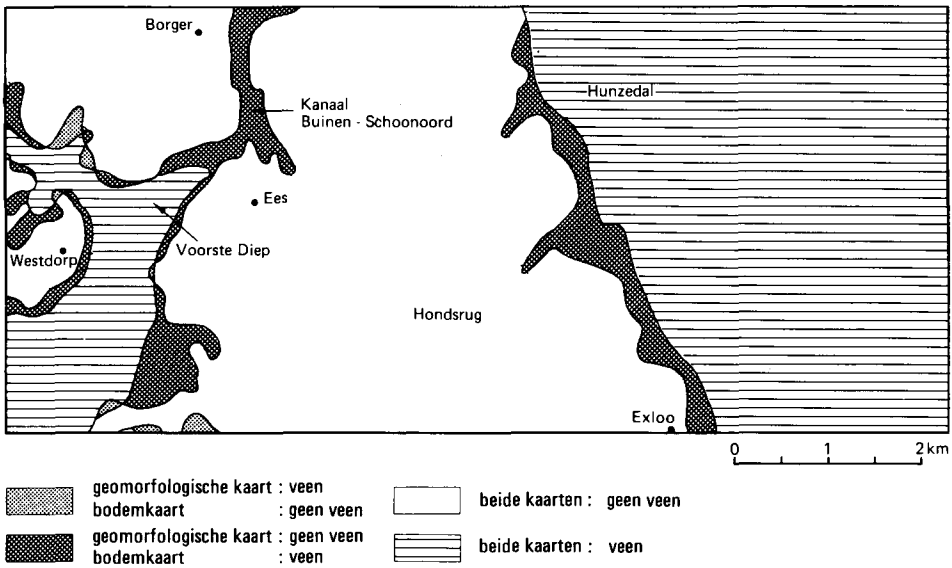


Fig. 5. Verschillen in begrenzing tussen geomorfologische kaart (vormen geheel of ten dele ontstaan door veenvorming) en bodemkaart (veengronden en moerige gronden) (naar Ten Cate et al., 1981).

linge verschillen in methode en tempo is dit nog niet zo eenvoudig. Wat het onderzoek zal bijdragen aan deze integratieproblemen, zal nog moeten blijken. De eerste resultaten van het onderzoek wijzen nog niet op nauwe correlaties tussen de factoren, zodat de correlatieve complexen van het landschap niet zo compact lijken te zijn als we veronderstelden. De vele nog ongetoetste theorie op dit terrein vormt een grote uitdaging voor het onderzoek.

Statische en dynamische kartering

Er is nog een andere lijn in de ontwikkeling van het onderzoek, die vooral voor de toekomstige ontwikkelingen van belang kan zijn. Deze wordt geïllustreerd aan de bodem, maar de ontwikkeling is evenzeer aanwezig in het landschapsonderzoek.

De bodemkaart is een zeer statisch produkt. De bodem is weliswaar de neerslag van veelsoortige processen, maar de bodemkaart vertegenwoordigt een momentopname. Dat houdt in dat de kaart, voor zover het veranderlijke eigenschappen betreft zoals de grondwatertrappen, kan verouderen. Stiboka heeft dit gesignaleerd en is met de revisie bezig.

Het tegenovergestelde van statisch of niet beweeglijk, is dynamisch of bewegend. Dynamiek wordt in de veldbodemkunde wel gebruikt om processen op korte termijn aan te duiden, zoals vochttransport of het in enkele seizoenen ontstaan van verdichte lagen.

Dynamiek is bij de bodemkartering lange tijd taboe geweest. Vergeefs heeft Jongerius

gepleit voor de inbouw van variabele eigenschappen van de bodemstructuur in kaartlegenda's. Ik geloof dat de bedrijfskartering hieraan niet zal ontkomen. Een zeer dynamisch aspect heeft het door Bouma geïntroduceerde bodemfysisch onderzoek, speciaal waar dit gekoppeld wordt aan het gebruik van simulatiemodellen.

De vraag of een op de dynamiek gerichte kartering geen andere methoden vereist, moet eerst nog duidelijker worden gesteld, voordat naar een antwoord kan worden gezocht. De durf om nieuwe wegen in te slaan is volop aanwezig en de vernieuwing van het personeel van Stiboka kan nu worden benut om ook het werk te vernieuwen. Het nabije verleden biedt hiervoor aanknopingspunten die perspectief kunnen bieden (zie Van Kuilenburg, elders in dit boek). De geautomatiseerde gegevensverwerking is een van de hulpmiddelen waavan gebruik kan worden gemaakt. Bie heeft hier een aantal interessante suggesties voor gedaan. Deze vernieuwing vereist een omschakeling die zorgvuldig, stap voor stap, moet worden voorbereid, beproefd en ingevoerd. Wat er hierbij uit de 'zwarte doos' komt, is weliswaar nog niet exact te voorspellen, maar de eerste contouren beginnen zich toch al af te tekenen.

Samenvatting

De fysiografische school van Edelman was gefundeerd op de samenhang van bodem en landschap, en de bodem als correlatief complex. Het beeld van het correlatief complex moet worden bijgesteld op basis van ervaring en onderzoek: er zijn minder nauwe correlaties dan werd verondersteld. Het beeld van de puntenzwerm in de veeldimensionale ruimte van pedons van éénaxonomische eenheid is grillig. Binnen kaarteenheden treedt een nog grotere variatie in bodemeigenschappen op; de puntenzwerm heeft hier het karakter van een stekelvarken. Er wordt gepleit voor nauwkeurige bepaling van de kwaliteit van bodemkaarten ter informatie van de gebruiker. Behalve analytisch moet er meer op synthese gericht bodemkundig onderzoek worden verricht.

Het landschapsonderzoek is sterk uitgebreid. Tot voor kort was het analytisch van karakter. De volgende disciplines werden ontwikkeld:
- geomorfologie, onder andere kartering van Nederland (1:50000);
- historisch-geografische kartering op verschillende niveaus voor planners en landinrichters;
- oecologisch landschapsonderzoek;
- kartering van het landschapsbeeld, waarbij automatisering tot zeer diverse kaarten leidt.

De integratie van deze disciplines is nu aan de orde. Kaartvergelijking en onderzoek naar de samenhang tussen eigenschappen van deze disciplines wordt verricht met als doel gerichte integratie op exacter basis. De meestal vrij statische kartering begint dynamischer te worden. Methoden van opname en geautomatiseerde gegevensverwerking worden op met de tijd veranderende eigenschappen gericht.

Summary

The physiographic school of Edelman was based on the relation between soil and landscape, and on the soil as a correlated complex. The image of the correlated complex needs correction. Experience and research showed that correlations were of lower quality as used to be supposed. The image of the scattered dots in multidimensional space of pedons of one taxonomic unit is capricious. Within mapping units a still larger variation in soil properties occurs, the scattered dots have the character of a porcupine. A careful measurement of soil quality is advocated, as better information for the user. A plea is made for more research aimed at synthesis, besides the analytical research.

Landscape research has been much enlarged. Until recently it was of analytical character. The next disciplines have been developed:
- geomorphology, e.g. survey of the Netherlands (scale 1:50000);
- historical-geographical survey on different scales for planners;
- ecological landscape research;
- survey of the visual aspects of the landscape, fully automated, for the production of widely varying maps.

The integration of these disciplines is now under discussion. Map comparison and research of the relations between properties of these disciplines is under way. The purpose is a well-aimed integration on an exact basis.

The survey, that used to be rather static, is becoming more dynamic. Survey methods and automated data handling are increasingly aimed at properties that change with time.

Literatuur

Bakker, H. de & J. Schelling, 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. Pudoc, Wageningen, 217 pp.

Burrough, P.A., A. Buitenhuis & A.A. de Veer, 1982. Het Informatiesysteem Landschapsbeeld. Pudoc, Wageningen, 130 pp.

Cate, J.A.M. ten, M.F. van Oosten & M.W. ter Wee, 1981. Vergelijking van de nieuwe geologische kaart, de geomorfologische kaart en de bodemkaart, schaal 1:50000, toegelicht met een fragment van blad 17 Oost. K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift XV (1): 35-55.

Edelman, C.H., 1950. Soils of the Netherlands. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 177 pp.

Fridland, V.M., 1976. Pattern of the soil cover. Israel program for scientific translations, Jerusalem, 291 pp.

Gruijter, J.J. de, 1977. Numerical classification of soils and its application in survey. Pudoc, Wageningen, 117 pp.

Marsman, B.A. & J.J. de Gruijter, 1982. Kwaliteit van bodemkaarten; vergelijking van karteringsmethoden in een zandgebied. Rapport nr. 1714, Stiboka, Wageningen, 134 pp.

Simonson, R.W., 1964. The soil series as used in the U.S.A. Trans. intern. Congr. Soil Sci., 8th, Bucharest, 5: 17-24.

Visser, W.C., 1949. Over de methodiek van het schatten van de waarde van de grond. Landbouwkundig Tijdschrift 61: 381-399.

Zonneveld, I.S., 1972. Land Evaluation and Land(scape) Science. I.T.C. Textbook of Photo-Interpretation, I.T.C., Enschede, 106 pp.

Bodemverontreiniging en bodemkartering: nieuwe wijn in oude zakken?

A. Breeuwsma

Inleiding

De lezer van goede wil zal begrijpen dat het niet de bedoeling van de auteur is bodemverontreiniging te associëren met wijn, en bodemkarteerders met oude zakken. Waar het wél om gaat, is in hoeverre de huidige werkwijze van de bodemkartering in Nederland geschikt is om nieuwe vragen te beantwoorden, vragen die vooral te maken hebben met de bescherming van de bodem tegen verontreiniging. In navolging van het ontwerp van de Wet Bodembescherming verstaan we onder het begrip bodem ook het zich daarin bevindende grondwater.

Om een indruk te geven van de vragen die zich kunnen voordoen, zal ik eerst enkele vormen van bodemverontreiniging behandelen. Waar mogelijk wordt daarbij ook aangegeven op welke wijze de bodemkaart is of kan worden toegepast. Daarna wordt ingegaan op de gevolgen voor bodemkartering en -onderzoek met betrekking tot de indeling (classificatie, legenda) en bemonstering van de bodem en de aard van de verzamelde chemische gegevens.

Zware metalen

Verontreiniging van de bodem met zware metalen wordt veroorzaakt door gebruik van zuiveringsslib, havenslib en meststoffen, en door luchtverontreiniging. Vragen die zich hier voordoen, hebben, behalve op het directe gevaar voor de volksgezondheid, betrekking op het bufferende vermogen van de grond tegen uitspoeling en op de natuurlijke gehalten, c.q. achtergrondgehalten of referentiewaarden.

Omdat zware metalen in de bodem hoofdzakelijk als kation voorkomen (Hieltjes & Breeuwsma, 1983), is voor de uitspoeling onder andere de kation-uitwisselingscapaciteit (kationenwaarde) van de bodem van belang. De kation-uitwisselingscapaciteit (CEC) is een van de bodemkenmerken die door de Stichting voor Bodemkartering geschat worden in een onlangs gestart onderzoek naar de kwetsbaarheid van het grondwater in Nederland (project van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening). De CEC is te schatten uit het organische-stofgehalte en het lutumgehalte (of slibgehalte) van de grond. Van deze betrekking wordt bijvoorbeeld reeds lang gebruik gemaakt voor de berekening van de hoeveelheid kalk die nodig is om de pH te verhogen (kalkfactor) (De Vries & Dechering, 1960). Daarbij wordt geen onderscheid gemaakt naar de aard van de klei of organische stof.

Tabel 1. De kation-uitwisselingscapaciteit (in 0,01 mol.kg^{-1}) met standaardafwijking van verschillende korrelgroottefracties als functie van het moedermateriaal (0,01 mol.kg^{-1} = 1 me per 100 g).

Moedermateriaal	Aantal monsters	Korrelgroottefractie		
		$<2\ \mu m$	2-16 μm	$>16\ \mu m$
zeeklei[1]	54	50,9 ± 2,5	10,8 ± 4,7	1,5 ± 0,7
rivierklei[1]	70	62,0 ± 2,6	10,8 ± 4,7	1,5 ± 0,7
beekklei[2]	13	68,9 ± 5,2		

1. Berekend met een regressiemodel.
2. Bepaald aan de afgescheiden fractie.

Tabel 2. De kation-uitwisselingscapaciteit (CEC, in 0,01 mol.kg^{-1}) met standaardafwijking van de organische stof (bij pH 8,2) in podzolgronden als functie van de bodemvorming.

Horizont	Aantal monsters	CEC (10^{-2} mol.kg^{-1}) v/d org. stof[1]
A-horizont	9	190 ± 41
B-horizont	20	350 ± 67

1. Berekend uit het organische-stofgehalte en de CEC van de grond.

Uit een recent, nog niet gepubliceerd, onderzoek is gebleken dat er duidelijke verschillen zijn tussen de CEC's van bijvoorbeeld zeeklei, rivierklei en beekklei (tabel 1), en tussen de CEC's van organische stof uit A- en B-horizonten van podzolgronden (tabel 2). Omdat deze factoren, samen met organische-stof en lutumgehalte, gebruikt worden in de classificatie en de legenda van de bodemkaart, vormt de bodemkaart een goede basis voor het maken van een CEC-kaart.

Behalve de totale uitwisselingscapaciteit voor kationen is ook de sterkte waarmee deze ionen worden gebonden, van belang. Men kan deze sterkte uitdrukken door middel van adsorptie- of selectiviteitscoëfficiënten. Vooral voor grondwaterkwaliteitsmodellen zijn dergelijke grootheden onmisbaar. Helaas is de bepaling van deze coëfficiënten tijdrovend en weinig gestandaardiseerd. Mede daardoor zijn er voor zware metalen nog te weinig gegevens voor een toepassing op bodemkaarten. In dit verband is het interessant dat de binding van zware metalen door organische stof soms zo sterk kan zijn, bijvoorbeeld bij koper, dat het organische-stofgehalte een belangrijker gegeven is voor het gedrag in de grond dan de kation-uitwisselingscapaciteit (Lexmond et al., 1982).

Van elementen die doorgaans als anion in de bodem voorkomen, zoals arseen en molybdeen, is het gedrag vaak verwant aan dat van fosfaat. Voor deze elementen wordt daarom verwezen naar de bespreking van het gedrag van fosfaat.

De achtergrondgehalten van zware metalen in de bovengrond (de bovenste 10 à 20 cm) van de Nederlandse bodem zijn volgens recente onderzoekingen hoofdzakelijk afhankelijk van de textuur (Van Driel & Smilde, 1981; Edelman, i.v.). Tot nu toe is bij klei- en zandgronden geen invloed van het moedermateriaal gevonden, mogelijk als gevolg van andere factoren, zoals bemesting (cultuurgronden), bodemvorming en grondbewerking. Bij veengronden is wel een verschil gevonden tussen de gehalten in Friesland en Zuid-Holland, maar de verklaring daarvoor is niet bekend.

Omdat het tot dusver verrichte onderzoek nog te beperkt is, kunnen hieruit nog geen conclusies worden getrokken over de mogelijkheid met behulp van bodemkaarten referentiewaarden voor zware metalen aan te geven. Daarvoor zijn een systematisch onderzoek van bodemeenheden en een diepere bemonstering nodig. Er zijn wel aanwijzingen dat de bodemkaart een belangrijk hulpmiddel zou kunnen vormen bij het omrekenen van totaalgehalten van zware metalen naar een zelfde lutumgehalte (of slibgehalte) of naar een zelfde organische-stofgehalte (in zandgronden). Een dergelijke omrekening of standaardisatie is niet alleen nuttig voor het signaleren van bodemverontreiniging, maar ook voor het vaststellen van kwaliteitsnormen voor de bodembescherming.

Nitraat

Nitraatverontreiniging wordt in toenemende mate een probleem voor de drinkwatervoorziening. Deze verontreiniging is vooral een gevolg van dumpen van mestoverschotten in gebieden met intensieve veehouderij. Doordat het nitraation niet wordt geadsorbeerd of neergeslagen, spoelt het gemakkelijk uit. Toch kan de bodemgesteldheid de nitraatuitspoeling zowel direct als indirect beïnvloeden. Onder de directe invloed verstaan we hier de invloed die de bodemstructuur op het transport uitoefent en die vooral in (gestructureerde) kleigronden van belang is (Dekker, 1983). Voor de nitraatverontreiniging is echter de indirecte invloed van meer belang. Hieronder verstaan we de invloed van de bodem op biologische processen, in het bijzonder op de denitrificatie. Door dit proces wordt nitraat (en nitriet) omgezet in gasvormige stikstof en stikstofoxyden. Het proces komt reeds bij een relatief hoge redoxpotentiaal op gang, zodra er weinig of geen zuurstof meer aanwezig is en voldoende afbreekbaar organisch materiaal. Bovendien moet de pH niet te laag zijn (pH(water) groter dan 3,5 à 4).

Uit recent onderzoek met lysimeters is gebleken dat denitrificatie de nitraatuitspoeling naar diepere lagen reeds sterk kan reduceren, wanneer in de verzadigde zone ca. 0,8% organische stof aanwezig is (Steenvoorden, 1983). Bij hoge grondwaterstanden treedt ook in de bovengrond (A-horizont) denitrificatie op. Getracht wordt nu een model op te stellen waarin behalve de grondsoort (klei of zand) als bodemkenmerken zijn opgenomen: de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), het organische-stofgehalte, en de pH van het grondwater. Voor de toepassing van het model dienen laatstgenoemde gegevens ook voor grotere diepten, beneden 1,20 m – mv., bekend te zijn.

Fosfaat

In tegenstelling tot nitraationen kunnen fosfaationen wel in de bodem worden vastgelegd door adsorptie en precipitatie. Hierdoor is er voor fosfaat in de gebieden met intensieve varkens- en pluimveehouderij nog geen sprake van verontreiniging van het grondwater, zoals bij nitraat. Er zijn echter aanwijzingen dat deze situatie binnen afzienbare tijd (10-20 jaar) zal veranderen, als de mestgiften niet worden beperkt (Lexmond et al., 1982). Wanneer wel fosfaatverontreiniging op gaat treden, zal dit onder andere tot een verdere eutrofiëring van het oppervlaktewater kunnen leiden.

Recent onderzoek heeft een sterke correlatie aangetoond tussen het fosfaatbindend vermogen van zandgronden en de in een oxalaatextract bepaalde gehalten aan 'vrij' aluminium en ijzer (Korzilius & Breeuwsma, 1983). Het (lineaire) verband met Al-oxalaat wordt gedemonstreerd in figuur 1, die het fosfaatbindend vermogen van horizonten uit veldpodzolgronden weergeeft. In deze gronden is de bijdrage van Fe-oxalaat aan de fosfaatbinding te verwaarlozen, omdat de Fe-oxalaatgehalten laag zijn. Dat dit gehalte in andere gronden wel van invloed is, blijkt onder andere uit figuur 2. Hierin is het gemiddelde fosfaatbindend vermogen van de laag 0-100 cm -mv. van enkele zandgronden uitgezet tegen het gemiddelde van de som van Al- en Fe-oxalaat. Bij de middeling is gewogen met de dikte van de horizonten. Hoewel de Al- en Fe-oxalaatgehalten

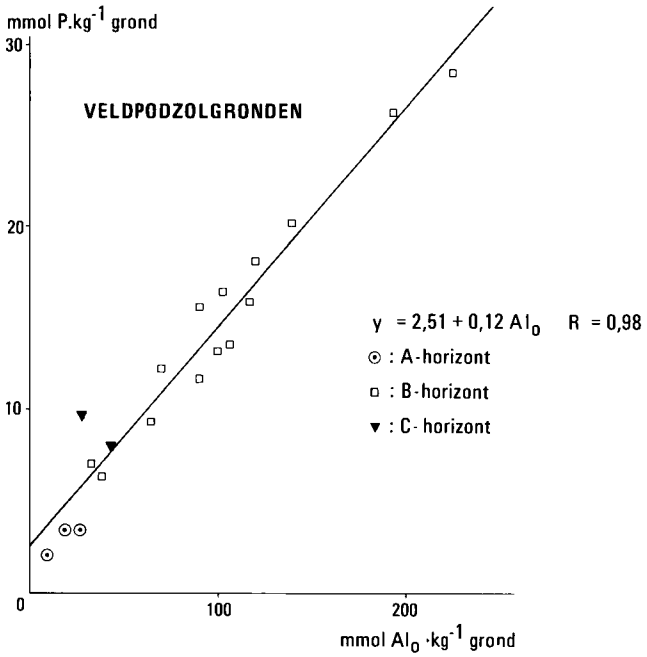


Fig. 1. Het verband tussen het Al-oxalaatgehalte (x) en het fosfaatbindend vermogen (y) van de A-, B- en C-horizont in veldpodzolgronden.

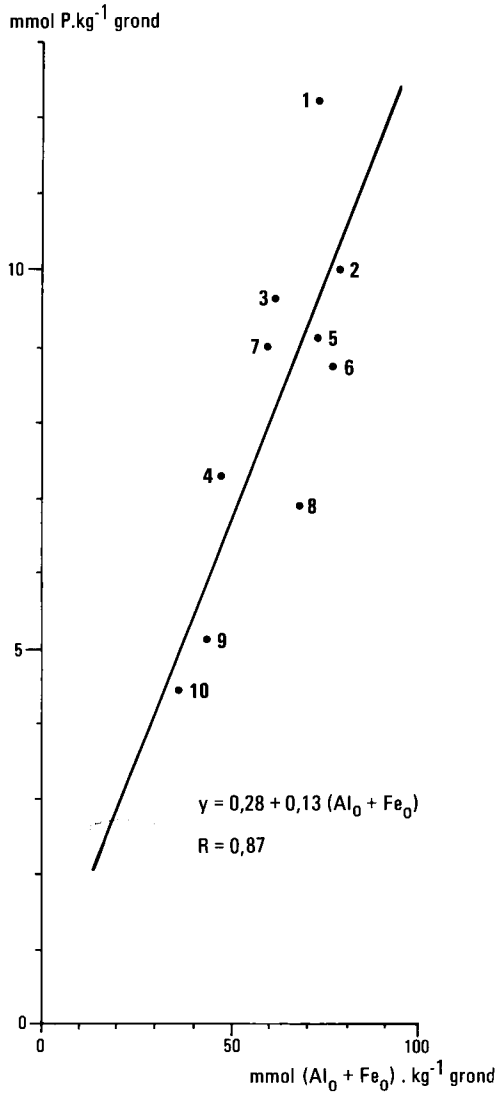


Fig. 2. Het verband tussen het gehalte aan (Al + Fe)-oxalaat (x) en het fosfaatbindend vermogen (y) van zandgronden (0-100 cm – mv.). 1 ijzerrijke vlakvaaggrond; 2 haarpodzolgrond; 3, 4 veldpodzolgrond; 5, 6 enkeerdgrond; 7, 8 holtpodzolgrond; 9 beekeerdgrond; 10 moerige podzolgrond.

onderling geen correlatie vertonen, is er een redelijk lineair verband met de som van beide grootheden.

Figuur 2 geeft tevens een eerste indruk van de verschillen in fosfaatbindend vermogen en Al- en Fe-oxalaatgehalten van bodemeenheden. De invloed van de bodemvorming is onder andere terug te vinden in de lage som van Al- en Fe-oxalaatgehalten bij de

Tabel 3. Fosfaatbindend vermogen (mmol $P.kg^{-1}$ grond) als functie van ijzer- en aluminiumgehalten (als % Al_2O_3 resp. Fe_2O_3)[1] voor horizonten van podzolgronden en een ijzerrijke grond (uit Korzilius & Breeuwsma, 1983).

Bodemeenheid	Horizont	Al_o	Fe_o	Fe_d	$\frac{Fe_o}{Fe_d} \times 100$	Fosfaat-bindend vermogen
Veldpodzolgrond	A1	0,20	0,21	0,31	67,7	2,1
	B22	0,60	0,02	0,04	50,0	17,9
Haarpodzolgrond	A1	0,06	0,05	0,055	90,9	1,8
	B22	1,65	0,84	0,77	109,1	21,1
Holtpodzolgrond	A1	0,12	0,16	0,38	42,1	3,8
	B22	0,13	0,50	0,73	68,5	13,5
IJzerrijke vlakvaaggrond	A11g	0,11	1,17	30,2	3,9	12,8
	C1gfe	0,04	1,63	42,6	3,8	36,6

1. Al_o en Fe_o zijn met de oxalaatmethode bepaald (Schwertmann, 1964), Fe_d met een nieuwe dithionietmethode die vanaf 1979 ook door het Bedrijfslaboratorium wordt toegepast (Breeuwsma et al., i.v.).

moerige podzolgrond en de beekeerdgrond en in de hoge gehalten bij de ijzerrijke vlakvaaggrond. In de moerige podzolgrond is vooral het Fe-oxalaatgehalte laag door de ontijzering die bij het ontstaan van deze grond is opgetreden. In de beekeerdgrond is, vermoedelijk door de geringe verwering, het Al-oxalaatgehalte laag. In de ijzerrijke vlakvaaggrond heeft een sterke aanrijking met 'vrij' ijzer (ijzeroxyde) plaatsgevonden, waardoor het Fe-oxalaatgehalte hoog is. Overigens is het opvallend dat de orde van grootte van de fosfaatbinding bij deze grond niet groter is dan die van de overige zandgronden, terwijl het gehalte aan 'vrij' ijzeroxyde veel groter is. Dit wordt geïllustreerd in tabel 3, waarin naast het Fe-oxalaatgehalte ook het Fe-dithionietgehalte van enkele horizonten is vermeld. Het Fe-dithionietgehalte, dat bepaald is volgens een gewijzigde Mehra-Jacksonmethode (Breeuwsma et al., i.v.), is een maat voor het totale 'vrij'-ijzeroxydegehalte. Het Fe-oxalaatgehalte is daarentegen een maat voor het 'amorfe' of microkristallijne ijzeroxyde (Schwertmann, 1964). Figuur 2 doet vermoeden dat vooral de laatste vorm van ijzeroxyde actief is bij de fosfaatbinding.

Gevolgen voor kartering en onderzoek

Zoals uit de behandelde voorbeelden van bodemverontreinigingsonderzoek blijkt, kan de bodemkaart onder meer worden toegepast voor het maken van afgeleide kaarten waarop één of meer bodemkenmerken zijn weergegeven ('single value' kaarten). Voor de toepassing bij grondwaterkwaliteitsmodellen, kwetsbaarheidskarteringen en dergelijke zijn doorgaans kwantificeerbare kenmerken nodig die rechtstreeks of via bepaalde verbanden met de basisgegevens ('sleutels') uit de bodemkaart kunnen worden afgeleid. Voorbeelden van basisgegevens waarover de bodemkaart met de bijbehorende

toelichting directe informatie bevat, zijn het organische-stofgehalte en het lutumgehalte. De kation-uitwisselingscapaciteit en het fosfaatbindend vermogen zijn voorbeelden van kenmerken die uit basisgegevens zijn af te leiden.

Uit de voorbeelden van bodemverontreinigingsonderzoek is tevens duidelijk, dat bovengenoemde toepassing nog in een beginfase verkeert. Toch lijkt het nuttig reeds nu in te gaan op enkele gevolgen die het beschreven onderzoek heeft, of zou kunnen hebben, voor de indeling van de gronden, de documentatie (incl. bemonstering) en de aard van de te documenteren chemische bodemkenmerken. We beperken ons daarbij wat de indeling van de gronden betreft, tot het systeem van bodemclassificatie en de bodemkaarten, schaal 1:50000.

Indeling van gronden

De pedogenetische achtergrond van het Nederlandse systeem van bodemclassificatie (De Bakker & Schelling, 1966) heeft tot een indeling van de hogere niveaus geleid die ook voor chemische bodemkenmerken belangrijke onderscheidingen bevat. We volstaan hier met te wijzen op de genoemde invloed van de bodemvorming op de kation-uitwisselingscapaciteit van organische stof en het fosfaatbindend vermogen. Ook zijn er chemische verschillen die in de hogere niveaus van het classificatiesysteem niet tot uiting komen, maar wel in de legenda van de bodemkaart, schaal 1:50000. Voorbeelden hiervan zijn het onderscheid tussen zeeklei en rivierklei en de toevoeging 'ijzerrijk'. Het eerste onderscheid is een indeling naar grondsoort (moedermateriaal) die ook voor de lagere niveaus van het classificatiesysteem van belang wordt geacht (Steur & De Bakker, elders in dit boek). Gezien de mogelijke invloed van het moedermateriaal op chemische bodemkenmerken, zoals de kation-uitwisselingscapaciteit en de zware-metalensamenstelling, zou het vanuit de optiek van de bodembescherming nuttig kunnen blijken het onderscheid naar moedermateriaal verder uit te breiden. Zo is onder andere de onderscheiding van beekklei-afzettingen voor dit doel van belang.

Documentatieprofielen

Voor de vertaling van bodemkaarten in afgeleide kaarten, dienen voor alle horizonten van elke kaarteenheid schattingen van de basisgegevens aanwezig te zijn. In deze behoefte wordt momenteel (gedeeltelijk) voorzien door profielschetsen van representatieve profielen. Het voordeel van deze methode is onmiskenbaar: ze is eenvoudig en goedkoop. Een nadeel is echter dat (nog) geen kwantitatieve gegevens bekend zijn over de mate waarin profielschetsen de individuele kaarteenheden karakteriseren. Bij toepassing op het terrein van de bodembescherming, bijvoorbeeld bij kwetsbaarheidskarteringen en het vaststellen van kwaliteitsnormen, is de nauwkeurigheid erg belangrijk. Het verdient daarom aanbeveling de representativiteit van profielschetsen te toetsen, en waar nodig over te schakelen op methoden met een kwantificeerbare nauwkeurigheid (Marsman & De Gruijter, 1983 en elders in dit boek).

Ook analysegegevens van de ondergrond zijn van belang voor het bodemverontreini-

gingsonderzoek. Voor uitspoeling van stoffen is de samenstelling van de ondergrond vaak minstens zo belangrijk als die van de bovengrond (b.v. bij nitraatuitspoeling). Het zou daarom zinvol zijn de bemonstering van documentatieprofielen tot grotere diepte uit te breiden. Tot hoe diep is echter op dit moment nog moeilijk aan te geven. De bemonsteringsdiepte zal in de toekomst ongetwijfeld aandacht moeten krijgen en overleg met andere instellingen vereisen.

Chemische bodemkenmerken

Voor het bodembeschermingsonderzoek zijn twee soorten bodemkenmerken van belang:
- achtergrondgehalten van stoffen;
- kenmerken die het gedrag van stoffen in de bodem beïnvloeden.

De vraag die men zich hier kan stellen, is welke kenmerken zich (reeds) voor documentatie lenen en voor welke nader onderzoek vereist is. Dit laatste geldt in elk geval voor de achtergrondgehalten van stoffen die als verontreiniging in de bodem voorkomen. Verder lenen niet alle kenmerken die voor het gedrag van stoffen in de bodem van belang zijn, zich voor documentatie. De samenstelling van de bodemoplossing en de redoxpotentiaal worden bijvoorbeeld nogal beïnvloed door externe factoren. Voor de bodemverontreiniging belangrijke basisgegevens, zoals organische stof, lutum (slib), koolzure kalk en pH, worden al vanaf het begin in alle documentatiemonsters bepaald.

Gehalten aan 'vrij' ijzer en aluminium zijn 'slechts' incidenteel gedocumenteerd met (verouderde) 10% HCl- en dithionietbepalingen. Het incidentele karakter van deze documentatie hangt vermoedelijk samen met het feit, dat het niet om differentiërende kenmerken gaat. Wel vormen ze, met name in zandgronden, belangrijke begeleidende kenmerken waarvoor algemene documentatie overweging verdient. Daarbij komt naast een bepaling van het totale 'vrij' aluminium (met oxalaat) en 'vrij' ijzer (met de nieuwe dithionietmethode) ook de Fe-oxalaatbepaling in aanmerking.

Afgeleide bodemkenmerken vormen een aparte groep van eigenschappen waarvan de documentatie gestopt zou kunnen worden, wanneer er voldoende gegevens bekend zijn over de verbanden met de basisgegevens. Deze situatie zou zich bijvoorbeeld voor bepaalde gronden voor kunnen doen bij de kation-uitwisselingscapaciteit. In verband hiermee is onlangs begonnen met een inventarisatie van de gegevens van de kationenwaarde en de kationenbezetting die opgeslagen zijn in het centraal grondmonsterarchief van de Stichting voor Bodemkartering. Deze gegevens zijn nog niet verwerkt, maar het aantal monsters (ca. 3000) en de verdeling over de geologische formaties en horizonten doet vermoeden, dat in een aantal gevallen reeds voldoende gegevens verzameld zijn om de voorlopige, in tabel 1 en 2 vermelde waarden, een meer definitieve vorm te geven.

Voor het fosfaatbindend vermogen ligt de situatie volkomen anders. Zowel het afgeleide kenmerk zelf als de basisgegevens, in de vorm van Fe- en Al-oxalaatgehalten, zijn nieuw. Bovendien ligt ook de methode voor de bepaling van het fosfaatbindend vermogen nog niet vast. Tenslotte wordt een snelle toepassing van de onderzoeksresultaten bemoeilijkt, doordat de samenhang tussen de ijzer- en aluminiumgehalten volgens

de oude en nieuwe methoden niet bekend is of ontbreekt. Dergelijke situaties zijn in de toekomst vaker te verwachten, wanneer uit het onderzoek nieuwe toepassingen voortkomen. Het is daarom zinvol voortaan grondmonsters van documentatieprofielen te bewaren, zodat zij, met de nodige terughoudendheid, gebruikt kunnen worden voor de bepaling van 'nieuwe' bodemkenmerken. Voor het fosfaatonderzoek zal men niet kunnen ontkomen aan een nieuwe, en waarschijnlijk meer beperkte, bemonstering van kaarteenheden.

Conclusie

De uitwerking van het Nederlandse systeem van bodemclassificatie, zoals die heeft plaatsgevonden in de legenda van de bodemkaart, schaal 1:50000, biedt goede mogelijkheden voor de interpretatie van bodemkaarten ten behoeve van de bodembescherming. Er zijn wat dit betreft (nog) geen redenen om oude zakken te vervangen door nieuwe. Het is nog niet duidelijk of dit ook van de bemonsteringsmethode voor documentatieprofielen kan worden gezegd. Hierover is nader onderzoek gewenst. Verder geeft het bodembeschermingsonderzoek aanleiding tot een nadere bezinning op de ondergrens van de bemonsteringsdiepte. Deze diepte is momenteel voor verschillende toepassingen te gering. Genoemd onderzoek is verder aanleiding tot een uitbreiding van het aantal te documenteren bodemkenmerken met een bepaling van Fe- en Al-oxalaat. Tenslotte wordt voorgesteld grondmonsters van documentatieprofielen te bewaren om een snellere en efficiëntere verwerking van onderzoeksresultaten in de documentatie mogelijk te maken.

Samenvatting

Uitgaande van de huidige kennis van zaken omtrent het voorkomen en gedrag in de bodem van zware metalen, nitraat en fosfaat, wordt aangegeven welke bodemkundige gegevens van belang zijn voor de bodembescherming. Daarbij ligt het accent op de kenmerken van de vaste fase, in het bijzonder de kation-uitwisselingscapaciteit en het fosfaatbindend vermogen.

De kation-uitwisselingscapaciteit kan in principe uit de bodemkaart worden afgeleid met behulp van het lutumgehalte en het organische-stofgehalte van de grond. De benodigde coëfficiënten zijn afhankelijk van moedermateriaal en horizont (tabel 1 en 2).

Het fosfaatbindend vermogen kan nog niet uit de bodemkaart worden afgeleid, omdat het een nieuw gegeven is waarover nog weinig bekend is. Uit oriënterend onderzoek is gebleken, dat het fosfaatbindend vermogen sterk gecorreleerd is met Al- en Fe-oxalaatgehalten (fig. 1 en 2). Deze gehalten zijn op hun beurt sterk beïnvloed door de bodemvorming. De voorlopige resultaten wekken de indruk, dat er duidelijke verschillen in fosfaatbindend vermogen tussen bodemeenheden te verwachten zijn, al is de verscheidenheid vermoedelijk kleiner dan bij de kation-uitwisselingscapaciteit.

De opzet van de bodemkartering, in het bijzonder de indeling van de Nederlandse gronden, lijkt een goed uitgangspunt te vormen voor het bodembeschermingsonder-

zoek. Uitbreiding is gewenst van:
- de indeling naar moedermateriaal, onder andere met beekklei;
- het onderzoek naar de representativiteit van documentatieprofielen;
- de bemonsteringsdiepte;
- de documentatie met kenmerken die van belang zijn voor de binding van fosfaat en aanverwante anionen.

Summary

A comprehensive survey of soil properties pertinent to soil protection purposes is given in the basis of the present knowledge of occurrence and behaviour in soils of heavy metals, nitrate and phosphate. The properties of the solid phase, in particular the cation-exchange capacity and the phosphate-binding capacity, are discussed more detailed.

The cation-exchange capacity can be derived from the soil map using the clay and organic-matter content and accounting for differences due to parent material and soil horizon.

The phosphate-binding capacity has been recently measured only for a few soil units. The preliminary results indicate a strong correlation with oxalate-extractable aluminium and iron. The phosphate-binding capacity, therefore, depends on the impact of soil formation on these entities. From these results differences in phosphate-binding capacity between soil units are anticipated. The variation is probably less than that of the cation-exchange capacity.

The soil survey system in the Netherlands, in particular that of the soil classification, seems to be a good starting point for soil protection research. Extension should be considered of:
- the differentiation between parent materials;
- the study of the accuracy of using 'representative' profiles to estimate properties of soil units;
- the sampling depth;
- the soil characteristics listed, to include the characteristics pertinent to the binding of phosphate and related anions.

Literatuur

Bakker, H. de & J. Schelling, 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. Pudoc, Wageningen, 217 pp.

Breeuwsma, A., W. Balkema, R.A. Koning, R.Ch. Sjardijn & R. Zwijnen, i.v. Voorschriften voor chemische analyses in grond. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Dekker, L.W., 1983. Kortsluiting en verlies aan stikstof bij het beregenen van bemest droog komkleigrasland. Cultuurtechn. Tijdschr. 22 (4): 205-211.

Driel, W. van & K.W. Smilde, 1981. Heavy metal contents of Dutch arable soils. Kongress Verb. Deutsch. Landwirtsch. Untersuch. und Forschungsanstalten (VDLUFA), Darmstadt, 18 pp.

Edelman, Th., i.v. Achtergrondgehalten van een aantal anorganische en organische stoffen in de bodem van Nederland. Reeks Bodembescherming van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Hieltjes, A.H.M. & A. Breeuwsma, 1983. Chemische bodemonderzoekmethoden voor bodemkenmerken en anorganische stoffen. Reeks Bodembescherming van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, nr. 21, 384 pp.

Korzilius, E. & A. Breeuwsma, 1983. Het fosfaatbindend vermogen van enkele zandgronden. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1745, 49 pp.

Lexmond, Th.M., W.H. van Riemsdijk & F.A.M. de Haan, 1982. Fosfaat en koper in de bodem in gebieden met intensieve veehouderij. Reeks Bodembescherming van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, nr. 9, 159 pp.

Marsman, B.A. & J.J. de Gruijter, 1983. Dutch soil survey goes into quality control. Proceedings of the 4th International Meeting on Soil Information Systems, Norwegian Society of Soil Science, Oslo.

Schwertmann, U., 1964. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. Z. Pflanzenernahr. Bodenk. 105, 194-202.

Steenvoorden, J.H.A.M., 1983. Nitraatuitspoeling naar grondwater en denitrificatie in de ondergrond. Voordracht voor Stafvergadering van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, jan. 1983.

Vries, O. de & F.J.A. Dechering, 1960. Grondonderzoek. Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek, Oosterbeek. Ceres, Meppel, 215 pp.

Documentatie

De landschappelijke verschijningsvorm van bodemeenheden

A. Buitenhuis en A.A. de Veer

Inleiding

In dit artikel wordt eerst een ruwe schets gegeven van de ontwikkeling van de verschillende karteringen bij Stiboka sinds haar oprichting. Daarbij staan de bodemkartering – eerst holistisch, daarna morfometrisch – en de fysiognomische landschapskartering centraal. De onafhankelijke kartering van bodem en landschap worden vervolgens aangegrepen om een voorbeeld van vergelijking uit te werken: hoe visueel open is het landschap in kaartvlakken met hoge zwarte enkeerdgronden? Voor drie verschillende kaartbladen, respectievelijk in Drenthe, in Gelderland en in Noord-Brabant, en voor twee verschillende tijdstippen, circa 1850 en circa 1970, blijkt deze vergelijking interessante verschillen op te leveren.

Bodem- en landschapskartering bij Stiboka, vroeger en nu

We noemen de bodemkartering vanaf de oprichting van de Stichting tot circa 1965 holistisch, omdat men toen uitging van de onverbrekelijke samenhang tussen bodem en landschap. Deze samenhang werd gebruikt bij de opname van de bodemgesteldheid, het aangeven van grenzen, de opbouw van de kaartlegenda, het benoemen van de bodemeenheden en – last but not least – in de beschrijvingen. Zo geeft bij voorbeeld de benaming van de eenheden 104-106 van de Nebo-kaart, schaal 1:200000, namelijk 'middelhoge oude bouwlanden in zeer arm zand', informatie over de hoogteligging (ten opzichte van het grondwater) en het vanouds bestaande bodemgebruik. In de tekst worden dan de profielbeschrijving en de resultaten van de laboratoriumanalyses gegeven, die te zamen de bodemgesteldheid binnen de kaartvlakken van genoemde eenheden karakteriseren (Pape, 1965). Voor genoemde eenheden 104-106 wordt aanvullende informatie gegeven over de geomorfologische ligging (o.a. rond stuwwallen en op dekzandruggen) en de bodemgeschiktheid (voor verschillende akkerbouwprodukten). Een aparte paragraaf is gewijd aan regionale bijzonderheden waarin afwijkingen behandeld worden, bij voorbeeld dat in Drenthe het oude-bouwlanddek 'meestal weinig dikker dan 50 cm is'.

Sinds circa 1965 wordt het nieuwe, morfometrische systeem van bodemclassificatie gehanteerd (De Bakker & Schelling, 1966; Steur & De Bakker, elders in dit boek). Meetbare kenmerken van de bodem per punt (horizonten, textuur, grondwatertrap enz.) zijn nu bepalend geworden voor de benoeming van de grond. Gelijk geclassificeer-

de punten worden verenigd tot homogene kaartvlakken, waarbij onzuiverheden tot circa 30% worden toegelaten. Bij de omgrenzing van de kaartvlakken worden ofwel landschappelijke grenzen gebruikt (bijv. steilwanden, verandering in verkaveling, verandering in begroeiing) ofwel grenzen geïnterpoleerd (bijv. in vlakke terreinen zonder landschappelijke differentiatie. Dit nieuwe systeem heeft uiteraard gevolgen gehad voor de hoeveelheid landschappelijke informatie die uit de kaarten kan worden afgeleid. Zo zien we bij voorbeeld dat de oude bouwlanden op de Nebo-kaart van Drenthe niet meer bestaan uit één bodemtype maar (meestal) uit een kern van enkeerdgronden met daaromheen onder andere laar- en loopodzolgronden, namelijk op die plaatsen waar het opgebrachte mestdek slechts 30-50 cm dik is. In dit voorbeeld is dus enerzijds de es, het oude bouwland, als zodanig niet meer in een oogopslag uit de kaart af te lezen; anderzijds kan nu exact worden aangegeven welke bodemeenheden er op de es voorkomen en in welke onderlinge ligging en verhouding. Onzes inziens moet overigens de stelling dat de huidige bodemkaart niet meer landschappelijk is, worden afgewezen. Immers:

- de nieuwe namen duiden globaal aan waar een bodemeenheid verwacht kan worden (enkeerdgronden: op oud bouwland; beekeerdgronden: in een beekdal enz.);
- de kaartlegenda en kleurkeuze volgen een hoofdschema van grondsoortenklassen (veengronden, rivierkleigronden e.a.) waardoor grotere fysiografische eenheden herkenbaar blijven;
- in de toelichtingen worden een of meer hoofdstukken aan bodem en landschap, ontginningsgeschiedenis en dergelijke gewijd;
- van alle bodemeenheden worden landschappelijke gegevens vermeld, zoals het huidige bodemgebruik.

Sinds de invoer van het nieuwe bodemclassificatiesysteem zijn ook enkele andere typen van kartering bij Stiboka (verder) ontwikkeld. De behoefte hieraan kan misschien ten dele verklaard worden door de meer impliciete benadering van het landschap in de nieuwe bodemkartering. Het werd nu nodig het landschap op aparte kaarten weer te geven, even exact als de bodem op een bodemkaart. Belangrijker lijkt echter de externe vraag naar milieugegevens in kaartvorm die ontstond nadat in 1965 de Wet op de Ruimtelijke Ordening tot stand kwam. Deze vraag en een toenemende behoefte aan landschappelijke gegevens voor landinrichtingsprojecten maakten de opkomst van de geomorfologische kartering en van de cultuurhistorische en fysiognomische landschapskartering naast de bodemkartering mogelijk. De geomorfologische kartering vertoont ongetwijfeld de meeste parallellen met de bodemkartering (zie bijv. Ten Cate et al., 1981). De historische geografie werd al vanaf de oprichting van de Stichting voor Bodemkartering beoefend, maar zij stond in de eerste twee decennia alleen in dienst van die bodemkartering en leverde in het algemeen geen 'eigen' kaarten. Vervloet bericht over de ontwikkeling van het cultuurhistorisch landschapsonderzoek elders in dit boek. Voor de vegetatiekartering geldt ook nu nog dat deze alleen in samenhang met de bodemkartering wordt uitgevoerd, hoofdzakelijk in boswachterijen waar voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling meer gegevens over de bodemtoestand (chemische bodemvruchtbaarheid e.d.) nodig zijn.

Ter inleiding van paragraaf 3 willen we wat meer zeggen over de ontwikkeling van de fysiognomische landschapskartering (als synoniem op te vatten van: landschaps-

beeldkartering, kartering van de verschijningsvorm of van de visuele of visueel-ruimtelijke aspecten van het landschap). Bij deze kartering wordt de verschijningsvorm van het landschap in kaart gebracht als eigen entiteit. De kaart van de Globale Landschappen van de uiterwaarden van de Grote Rivieren is het eerste voorbeeld hiervan (De Soet et al., 1976). Daarna volgden onder andere de fysiognomische landschapskaart van de Veluwe (Ten Houte de Lange, 1977) en van Midden-Brabant (Van het Loo & De Veer, 1979). Ook werd het landschapsbeeld van verschillende kleinere gebieden in kaart gebracht, zoals van diverse ruilverkavelingsblokken (opgesomd in De Veer, 1982). Op al deze kaarten is de verschijningsvorm van het landschap weergegeven als een geheel, in de vorm van een landschapstypologie. Elke kaarteenheid tracht een zo compleet mogelijk beeld van het landschap aan de kaartlezer over te dragen. Kenmerken van reliëf, bodemgebruik, opgaande begroeiing en bebouwing, samen wel de concrete landschapskenmerken genoemd, werden gecombineerd met gegevens over structuur (waaronder de verkaveling), afwisseling en openheid, samen de abstracte kenmerken vormend. Zo zal men een oud bouwland, waarvan hierboven in een voorbeeld sprake was, op zo'n kaart bij voorbeeld kunnen terugvinden als een open, bol liggend terreingedeelte met een mozaïek van bouw- en grasland(!) omgeven door een rand met oude boerderijen en hoog geboomte, waaronder veel eiken. De bij Stiboka ontwikkelde methoden werden in een samenvattende publikatie vergeleken met andere methoden, te weten die van Van der Ham e.a., Kerkstra, Vrij, Schuurmans & Van Schie en Smit (De Veer et al., 1977).

Vanwege de onzekerheid over de validiteit van dergelijke landchapstypologieën werd voorgesteld deze weg (voorlopig) te verlaten en de visuele kenmerken van het landschap op meer elementaire wijze weer te geven. Ook bleek bij diverse planologische instanties veel behoefte te bestaan aan elementaire informatie over het zichtbare landschap. Bij Stiboka is onder meer op grond van deze conclusie het Informatiesysteem Landschapsbeeld opgebouwd (Burrough et al., 1982). Landschapsopname in het kader van dit geautomatiseerde kartografische systeem omvat weliswaar alle zichtbare elementen van het landschap en hun eigenschappen, maar de af te leveren kaarten hebben meestal slechts betrekking op enkele elementen en/of kenmerken. Zo'n landschapselementenkaart kan bij voorbeeld alleen de houtwallen geven, alleen de boerderijen of alleen de (open) ruimtes naar grootteklasse. Met dit systeem uitgevoerde karteringen voor streekplannen (Overijssel, Zuid-Holland), ruilverkavelingen (Aalten, De Hilver), stadsranden (Arnhem-Zuid, 's-Gravenwoude) en een gemeente (Ede) worden onder andere behandeld in Burrough et al. (1982).

De eigen ontwikkeling van de fysiognomische landschapskartering, zoals hierboven geschetst, staat in wezen los van de bodemkartering, maar ze behoeft dat natuurlijk niet te staan. Juist omdat de verschijningsvorm van het landschap als een eigen entiteit behandeld wordt, kan hij objectief met de bodemgesteldheid van een zelfde gebied vergeleken worden. De resultaten van zo'n vergelijking kunnen ook kwantitatief worden uitgedrukt (Buitenhuis et al., 1981). Dit kan dan wellicht meer licht werpen op de landschappelijke betekenis van bodemeenheden. Het heeft uiteraard minder zin voor de bodemkaarten van voor 1965, omdat in deze kaarten op grond van een holistische karteringswijze het landschap al voor een goed deel verdisconteerd is. Een nadere analyse van de verschijningsvorm van het landschap 'op' de eenheden van de bodemkaart,

schaal 1:50000, lijkt echter tot interessante conclusies te kunnen leiden. In de volgende paragraaf willen we dat aantonen door het kenmerk landschappelijke openheid te onderzoeken op een bepaalde groep enkeerdgronden.

Aanzet tot kwantitatief onderzoek naar de verschijningsvorm van bodemeenheden

Keuze van een voorbeeld en methode

Voor kwantitatief onderzoek naar de landschappelijke verschijningsvorm komt in principe elke eenheid op de bodemkaart in aanmerking. Een eenheid die weinig voorkomt, kan men in landschappelijke zin beschrijven, maar het is de vraag of hier een systematisch verband bodem – landschap kan worden aangetoond. Veel voorkomende eenheden lijken interessanter: hier kunnen eerder gestelde hypothesen worden getoetst en regionale verschillen worden opgespoord.

Wij hebben gekozen voor een veel voorkomende eenheid op de bodemkaart, schaal 1:50000, namelijk zEZ21 (hoge zwarte enkeerdgronden in leemarm en zwak lemig fijn zand), en voor openheid van het landschap, te meten als 'zichtwijdte'. Op drie bladen van de bodemkaart, schaal 1:50000, namelijk 17 West Emmen, 33 Oost Apeldoorn en 51 Oost Eindhoven, zijn alle kaartvlakken met de code zEZ21 onderzocht, ongeacht toevoegingen en grondwatertrap(pen). (Op deze gronden komen Gt IV, V, VI en VII voor. Het leeuwedeel heeft Gt VII.) Vlakken die slechts gedeeltelijk op deze kaartbladen liggen, zijn om praktische redenen buiten beschouwing gelaten. Dit betreft 1/10 van het aantal kaartvlakken en 17% van de totale oppervlakte van de onderzochte eenheid.

Van elk kaartvlak is het midden (zwaartepunt) aangegeven en overgenomen op de topografische kaart, chromo, schaal 1:50000. Op deze punten is telkens in acht richtingen de zogenaamde zichtwijdte gemeten, dat wil zeggen de afstand van het gekozen punt tot de eerste visuele barrière. Meestal is dit een begroeiingslijnelement (b.v. houtwal), soms een bebouwingselement (boerderij, groepje huizen, lintbebouwing enz.) of een ander oprijzend element (b.v. dijk). Zichtwijdtes zijn gemeten in millimeters op de kaart, ofwel veelvouden van 50 m in het terrein. Met doorzichtigheid van visuele barrières is geen rekening gehouden. De zichtwijdte is per kaartvlak gemiddeld tot een waarde die de openheid (synoniemen: ruimtewerking, ruimtelijke schaal) ter plaatse karakteriseert. Hoe groter de gemiddelde zichtwijdte, hoe opener het landschap rond dit punt. (Uit ander, nog niet gepubliceerd onderzoek is gebleken, dat de bepalingsnauwkeurigheid van de gemiddelde zichtwijdte voldoende is bij meting in acht richtingen: vier is te weinig, zestien levert geen relevante verschuiving meer op.) Bij kaartvlakken met duidelijke 'insnoeringen' is een onderverdeling in deelvlakken gemaakt en per deelvlak is vervolgens de gemiddelde zichtwijdte bepaald. Ter karakterisering van de openheid van het gehele kaartvlak zijn vervolgens de gemiddelden van de deelvlakken gemiddeld tot een eindwaarde.

Nadat de zichtwijdte was bepaald voor de huidige situatie, is dit herhaald op de oudste topografische kaart, facsimile-uitgave, schaal 1:50000, die dateert van 1840-1852. Hierbij is aangenomen dat de kaartvlakken van de bodemeenheid zEZ21

in ruim een eeuw niet in configuratie en grootte zijn veranderd. De zichtwijdte kan echter door allerlei veranderingen van landschappelijke aard aanzienlijk gewijzigd zijn.

Bij het presenteren van de resultaten van de metingen in de volgende paragraaf is de vergelijking bodemeenheid zEZ21 – zichtwijdte toegespitst op de vraag: is de landschappelijke ruimte even groot als het bodemvlak, is ze groter of juist kleiner? Om deze vraag te kunnen beantwoorden hebben we de gemiddelde zichtwijdte op elk punt omgerekend in een cirkelvormige (open) ruimte met deze zichtwijdte als straal.

Resultaten

We bespreken de resultaten van de metingen aan de hand van drie grafieken (fig. 1) en enkele kaartvoorbeelden (fig. 2). De verschillende kaartbladen worden eerst afzonderlijk behandeld, daarna kort vergeleken.

Blad 17 West (zie ook Stichting voor Bodemkartering, 1978). Op dit blad zijn 19 kaartvlakken onderzocht met een gemiddelde grootte van 39 ha. Op één na alle vlakken zijn kleiner dan 75 ha. In figuur 1a komt direct naar voren dat ruim een eeuw geleden de landschappelijke ruimte die bij deze Drentse kaartvlakken van de eenheid zEZ21 behoorde, vele malen groter was dan de oppervlakte van de kaartvlakken zelf. De verklaring hiervoor is tweeledig:

– In Drenthe bestaat hoogstens de kern van een es (het oude bouwland) uit enkeerdgronden; daaromheen of daartegenaan liggen loopodzolgronden en laarpodzolgronden. Deze vormen ruimtelijk één geheel met de 'zEZ21-kern' en de zichtwijdte reikt dus minstens tot de buitenrand van de loo- en laarpodzolgronden.

– De wildwal die de es vanouds omgaf om het bouwland tegen vee en wild te beschermen, was reeds een eeuw geleden op diverse plaatsen verdwenen: zie figuur 2a, waaruit blijkt dat het zicht op de Oosteresch bij Lhee in oostelijke en noordoostelijke richting ver voorbij de rand van het bouwland reikte.

Treffend is de ruimtelijke schaalverkleining die in ruim een eeuw op deze Drentse eskernen is opgetreden. Uit figuur 1a blijkt dat meer dan de helft van de onderzochte vlakken thans een ruimtewerking oplevert die kleiner is dan de oppervlakte van de bodemkaartvlakken. In ons voorbeeld van figuur 2 (a en b) is de schaalverkleining het gevolg van de ontginning van de heide in het noordoosten (wegbeplanting) en de bebouwing langs de weg van Lhee naar Lheebroek in het noorden.

Blad 33 Oost (zie ook Stichting voor Bodemkartering, 1979). Op dit blad zijn 71 kaartvlakken onderzocht met een gemiddelde grootte van 29 ha. Er is een concentratie van vlakken met een grootte van minder dan 30 ha. Zeer kleine kaartvlakken, dat wil zeggen kleiner dan 5 ha, staan als toevoeging 'eenmanses' op de kaart. Deze zijn echter niet in het onderzoek betrokken, omdat niet zeker is of het zEZ21-vlakjes zijn. Het is bovendien de vraag of op dit schaalniveau voldoende betrouwbaar kan worden gemeten.

Uit figuur 1b blijkt dadelijk dat de zichtwijdte op vlakken van de eenheid zEZ21 tussen 1846 en 1973 is toegenomen. Dit geldt zowel voor grote als voor kleine kaartvlakken. Bij de laatste groep, met name de vlakken kleiner dan 25 ha, is de berekende zichtcirkel in de huidige situatie meestal groter dan het kaartvlak zelf, met andere woorden: als men zich middenin het vlak bevindt, kan men in de meeste richtingen tot voorbij

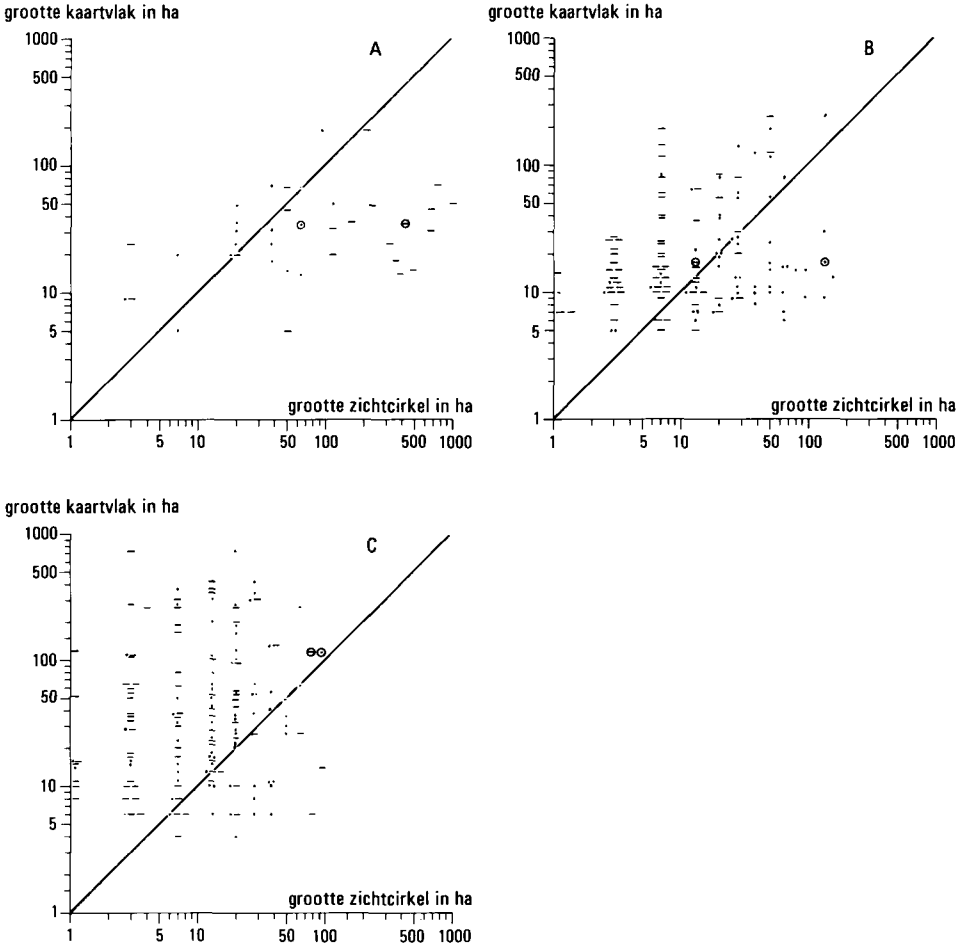
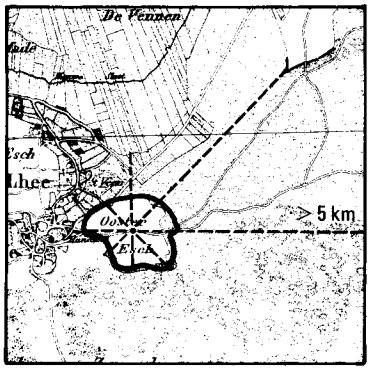
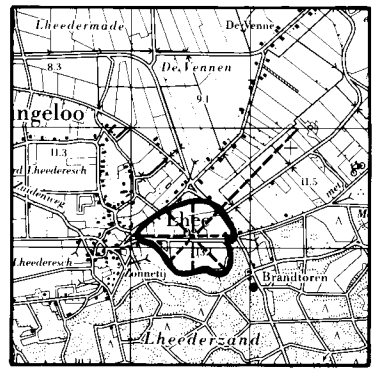


Fig. 1. Werkelijke grootte kaartvlakken zEZ21 van de bodemkaart, schaal 1 : 50 000, en berekende grootte zichtcirkels in ca. 1970 (.) en ca. 1850 (-).
A Blad 17 West (in cirkeltje: Oosteresch bij Lhee)
B Blad 33 Oost (in cirkeltje: vlak ten Z.W. van Almen)
C Blad 51 Oost (in cirkeltje: vlak ten Z.O. van Nuenen)
De getrokken lijn geeft aan waar de kaartvlak- en zichtcirkelgrootte overeenkomen.

de kaartvlakgrens kijken. Figuur 2 (c en d) illustreert deze verandering met een vlakje van 17 ha bij Almen. In de negentiende-eeuwse situatie was het vlak grotendeels begrensd door een houtwal, of de blik stuitte op een visuele barrière even buiten het kaartvlak in het beekdal (kijkrichting noordwest). Veel houtwallen zijn daarna verdwenen en thans ziet men in alle richtingen tot ver voorbij de kaartvlakgrens. Op de enken bij Gorssel en Harfsen (resp. met een kaartvlakgrootte van 240 en 196 ha) is de toename



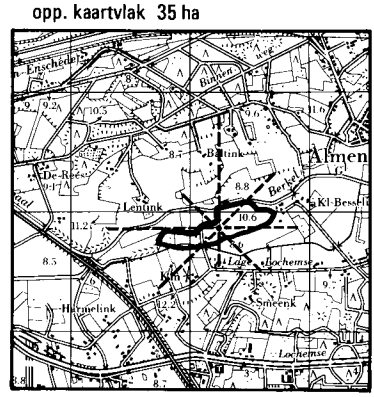
a gemiddelde zichtwijdte 1150 m
grootte zichtcirkel 415 ha
opp. kaartvlak 35 ha



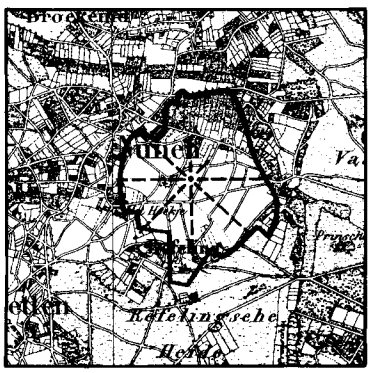
b gemiddelde zichtwijdte 450 m
grootte zichtcirkel 64 ha
opp. kaartvlak 35 ha



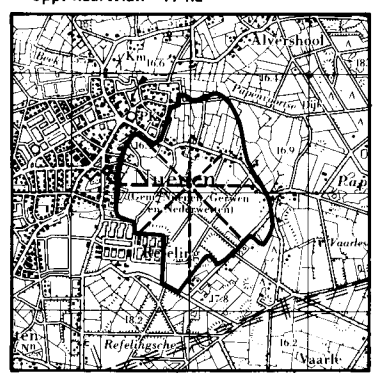
c gemiddelde zichtwijdte 200 m
grootte zichtcirkel 13 ha
opp. kaartvlak 17 ha



d gemiddelde zichtwijdte 650 m
grootte zichtcirkel 133 ha
opp. kaartvlak 17 ha



e gemiddelde zichtwijdte 500 m
grootte zichtcirkel 79 ha
opp. kaartvlak 132 ha



f gemiddelde zichtwijdte 550 m
grootte zichtcirkel 95 ha
opp. kaartvlak 132 ha

0 0,5 1 km

grens kaartvlak zEZ21

zichtwijdte

Fig. 2. Zichtwijdte in acht richtingen vanaf het midden van kaartvlakken met code zEZ21: a Lhee, 1851; b Lhee, 1972; c Almen, 1846; d Almen, 1972; e Nuenen, 1840; f Nuenen, 1970.

van de zichtwijdte in de laatste eeuw meer beperkt gebleven, omdat op en langs de enk aanwezige bebouwing en bos gehandhaafd zijn.

Blad 51 Oost (zie ook Stichting voor Bodemkartering, 1981). Op dit kaartblad, dat gelegen is rond Eindhoven en Helmond, wordt een grote oppervlakte ingenomen door vlakken van de eenheid zEZ21. Deze vlakken zijn voornamelijk gelegen op Jong dekzand II, hier en daar ook op lokale beekafzettingen (Formatie van Singraven). Van de 89 vlakken hebben we er 78 onderzocht. De gemiddelde grootte is in vergelijking met de andere onderzochte kaartbladen hoog, namelijk 83 ha. Ook een opvallend verschil met de andere bladen is het grote aantal vlakken met insnoeringen (41%). Bij het ontstaan van dit soort grote, ingesnoerde vlakken kunnen verschillende factoren van invloed zijn geweest:

- het vanouds intensieve gebruik als akkerland;
- het aan elkaar groeien van kleinere kernen van oud bouwland in samenhang met het reliëf;
- het 'binnendringen' van lintbebouwing in bestaande complexen oud bouwland.

Het is niet zo waarschijnlijk dat zulke kaartvlakken als één geheel in het terrein overzien kunnen worden. De weinige grote vlakken op de eerder behandelde bladen 17 West en 33 Oost hadden relatief weinig ruimtewerking en dit geldt ook voor alle grote vlakken op blad 51 Oost (fig. 1c). Ook de kleinste kaartvlakken hebben minder ruimtewerking dan hun kaartvlakgrootte bedraagt. In de tijd gezien doet zich een lichte, doch wel duidelijke toename van de zichtwijdte voor. Dit geldt zowel voor grote als voor kleine kaartvlakken. Uit het voorbeeld, de akkers bij Nuenen (fig. 2e en 2f), blijkt dat nogal wat van de opgaande begroeiing binnen en rond het zEZ21-vlak in de laatste eeuw verdwenen is. Nieuwe lintbebouwing (kijkrichtingen noord en noordoost) en een recente uitbreiding van de bebouwde kom (kijkrichting zuidwest) hebben echter voor een vervangende visuele barrière gezorgd. De resultante hiervan is dat het landschap slechts een weinig opener is geworden.

De verschillen tussen de drie bladen zijn als volgt samen te vatten. Op blad 17 West Emmen is de zichtwijdte op zEZ21-vlakken zeer sterk afgenomen door jonge ontginning van naburige heidevelden. Op blad 33 Oost Apeldoorn is de zichtwijdte behoudens in enkele uitzonderingsgevallen matig tot sterk toegenomen door verwijdering van houtwallen op de kaartvlakrand en op de aangrenzende lagere gronden. Op blad 51 Oost Eindhoven is de zichtwijdte weinig veranderd of iets toegenomen. Processen van afbraak en opbouw van visuele barrières houden elkaar hier min of meer in evenwicht, maar het beeld verschuift van 'groen' naar 'rood'.

Discussie

Het door ons verrichte onderzoek heeft een beperkte betekenis. In de eerste plaats willen we erop wijzen dat we slechts één voorbeeld van de 'relatie' bodemeenheid – landschappelijke verschijningsvorm hebben uitgewerkt, namelijk de visuele openheid op hoge zwarte enkeerdgronden in leemarm en zwak lemig fijn zand, ongeacht toevoegingen en grondwatertrappen. Er zijn vanzelfsprekend talloze andere keuzen te doen, niet alleen omdat de bodemkaart, schaal 1:50000, zoveel onderscheidingen kent, maar ook

omdat allerlei landschapskenmerken al dan niet in combinatie (typologie, elementenkaart) met de bodemgesteldheid zijn te vergelijken. Nagegaan zou kunnen worden of een nog nauwere definiëring van de te onderzoeken bodemeenheid (b.v. zEZ21 op Gt VII) of juist een ruimere definiëring (b.v. zEZ21 en zEZ23) andere resultaten oplevert. Landschapskenmerken zoals opgaande begroeiing (boomsoorten), bebouwingsdichtheid en verkavelingstypen lijken ook zeer geschikt te zijn voor kwantitatief vergelijkend onderzoek bodem – landschap. Wij hebben ons voorbeeld met de hand uitgewerkt. Het is echter duidelijk dat door de koppeling van geautomatiseerde systemen snel meer kan worden bereikt (b.v. koppeling bodemkaart, schaal 1:50000, in digitale vorm, met het Informatiesysteem Landschapsbeeld). Een andere beperking van het onderzoek is gelegen in het feit, dat de landschappelijke openheid via metingen op topografische kaarten is geschied en dat deze eigenlijk in het veld geverifieerd zou moeten worden. De invloed van het reliëf en van de doorzichtigheid van visuele barrières zoals wegbeplanting kan tot andere resultaten leiden. Tenslotte betekent de keuze van drie kaartbladen van de in totaal ruim 50 verschenen bladen natuurlijk niet dat we nu weten hoe open de zEZ21-eenheid vorige eeuw was en nu is.

De betekenis van dit artikel moet gezocht worden in het aangeven van een weg om de landschappelijke verschijningsvorm van bodemeenheden nader en kwantitatiever weer te geven dan in het kader van de morfometrische bodemkartering mogelijk is. Dat binnen een bodemeenheid of groep van eenheden regionaal en in de tijd belangrijke landschappelijke verschillen kunnen optreden, is naar onze mening wel voldoende aangetoond.

Samenvatting

In dit artikel wordt eerst een schets gegeven van de ontwikkeling van de verschillende soorten karteringen bij Stiboka, met de nadruk op de bodemkartering en de fysiognomische landschapskartering. Dan wordt een voorbeeld besproken van een visueel-landschappelijke analyse van een bodemtype. Daarbij vormen onafhankelijk van elkaar verrichte bodem- en landschapsopnamen het uitgangspunt. Betoogd wordt dat de oudere 'holistische' bodemkaarten voor zo'n onderzoek minder geschikt zijn, omdat kenmerken van het zichtbare landschap in belangrijke mate de inhoud van de bodemkaart mee bepaald hebben. De nieuwe bodemkaarten, schaal 1:50000, tot stand gekomen op basis van het morfometrische systeem van bodemclassificatie, lenen zich goed voor een landschappelijke analyse.

Gekozen is voor de bodemeenheid 'hoge zwarte enkeerdgronden in leemarm en zwak lemig fijn zand' en het landschapskenmerk 'visuele openheid'. Dit laatste kenmerk is bepaald door per bodemkaartvlak vanuit een centraal punt in acht richtingen de zogenaamde zichtwijdte te meten. Hiertoe zijn deze centrale punten overgenomen op topografische kaarten, schaal 1:50000, zowel recente als oude. De drie onderzochte kaartbladen, te weten 17 West Emmen, 33 Oost Apeldoorn en 51 Oost Eindhoven, geven aanzienlijke verschillen te zien. Op het Drentse blad is de openheid van het landschap op enkeerdgronden de laatste eeuw aanzienlijk afgenomen door ontginning van aangrenzende heidevelden. Op het Gelderse blad heeft zich het omgekeerde voor-

gedaan: de veelal kleine kaartvlakken met enkeerdgronden waren vroeger door houtwallen omgeven, maar gaan nu veelal zonder visuele barrière over in andere bodemtypen. Op de meest zeer grote kaartvlakken met enkeerdgronden van het Noordbrabantse blad is de openheid iets groter geworden; deze is echter nog steeds klein vergeleken met de grootte van de kaartvlakken zelf. Voor vergelijkend, kwantitatief onderzoek bodem – landschapsbeeld kunnen uiteraard ook andere bodemeenheden en landschapskenmerken worden gekozen. Een geïntegreerd informatiesysteem bodem – landschap zou voor zulk onderzoek optimaal zijn.

Summary

In this article, first a sketch is given of the development of different types of survey at the Netherlands Soil Survey Institute (Stiboka). Soil survey and physiognomic landscape mapping have been emphasized. Then, a soil type from the Soil map of the Netherlands, scale 1:50000, is analysed according to one of its physiognomic characteristics.

So-called enk earth soils (formerly called plaggen soils) from three sheets of the soil map in different parts of the country are described with regard to their visual openness. In order to achieve this, in each mapping unit of the soil type mentioned, a central point is indicated, which has been transposed to the topographical map, scale 1:50000. On this map the openness of every point chosen is calculated by simulating sight lines into the eight points of the compass and then averaging them to one final value. The procedure has been executed for the actual situation as well as the situation approximately a century ago. Differences with place and time in visual openness of enk-earth-soil mapping units clearly come out from the investigations. In the conclusion of the article it is stated that an integrated information system with environmental data would be optimal for systematic and quantitative comparison of soil and visual landscape characteristics.

Literatuur

Bakker, H. de & J. Schelling, 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. Wageningen, 217 pp.

Buitenhuis, A., H. van het Loo, A.A. de Veer & J.J. de Gruijter, 1981. Een vergelijking van landschaps- en bodemkaart van een deel van de Veluwe. Boor en Spade 20: 160-183.

Burrough, P.A., A. Buitenhuis & A.A. de Veer, 1982. Het Informatiesysteem Landschapsbeeld. Reeks Landschapsstudies, Pudoc, Wageningen, 130 pp.

Cate, J.A.M. ten, M.F. van Oosten & M.W. ter Wee, 1981. Vergelijking van de nieuwe geologische kaart, de geomorfologische kaart en de bodemkaart, schaal 1:50000, toegelicht met een fragment van blad 17 Oost. Geografisch Tijdschrift, Nieuwe Reeks XV (1): 35-55.

Houte de Lange, S.M. ten (ed.), 1977. Rapport van het Veluwe-onderzoek. Een onderzoek van natuur, landschap en cultuurhistorie ten behoeve van de ruimtelijke ordening en het recreatiebeleid. Pudoc, Wageningen, 263 pp.

Loo, H. van het & A.A. de Veer, 1979. Landschapsbeeld van Midden-Brabant. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen, 58 pp.

Pape, J.C., 1965. De zandgronden: beschrijving van de kaarteenheden. In: Stichting voor Bodemkartering, De Bodem van Nederland. Toelichting bij de bodemkaart van Nederland, schaal 1:200000, Wageningen, 197-248.
Soet, F. de (ed.), 1976. De waarden van de uiterwaarden. Een milieukartering en -waardering van de uiterwaarden van IJssel, Rijn, Waal en Maas. Pudoc, Wageningen, 89 pp.
Stichting voor Bodemkartering, 1978. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000. Toelichting bij de kaartbladen 17 West Emmen en 17 Oost Emmen. Wageningen, 221 pp.
Stichting voor Bodemkartering, 1979. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000. Toelichting bij de kaartbladen 33 West Apeldoorn en 33 Oost Apeldoorn. Wageningen, 173 pp.
Stichting voor Bodemkartering, 1981. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000. Toelichting bij kaartblad 51 Oost Eindhoven. Wageningen, 102 pp.
Veer, A.A. de, 1982. Milieukartering bij Stiboka, een overzicht. Kartografisch Tijdschrift VIII (3): 29-40.
Veer, A.A. de, A. Buitenhuis en H. van het Loo, 1977. Vergelijking van Nederlandse methoden van landschapsbeeldkartering en hun toepassingsmogelijkheden. Stiboka/Pudoc, Wageningen, 65 pp.

Documentatie

Dichtheid van Nederlandse zandgronden

C. Hoekstra en J.N.B. Poelman

Inleiding

De dichtheid van de grond, vroeger volumegewicht genoemd, is een fysische karakteristiek voor de pakking van gronddeeltjes en geeft een indruk van de structuurtoestand. Zij is gedefinieerd als de massa van de droge grond per volume-eenheid in natuurlijke ligging. Het volume wordt bepaald voordat de grond bij 105 °C gedroogd is. De dimensie is $g.cm^{-3}$.

Voor diverse praktische toepassingen is kennis van de dichtheid onmisbaar. Afgezien van incidentele publikaties gaf de Nederlandse bodemkundige literatuur tot voor kort geen systematische informatie over feitelijke waarden van de dichtheid. In het landelijke Nebo-boek (Stichting voor Bodemkartering, 1965) ontbreken ze, al worden soms wel gegevens over porositeit verschaft. Ook in het meer recente overzicht van Nederlandse gronden door De Bakker (1979) vindt men geen cijfers over dichtheid van de grond. In de toelichtingen bij de kaartbladen van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, ontbraken ze tot voor kort ook veelal.

Toch zijn in de laatste vijfentwintig jaar van veel Nederlandse gronden dichtheden bepaald, welke gegevens opgeslagen zijn in het grondmonsterarchief van Stiboka. Die betreffende de zandgronden hebben de auteurs verzameld en bewerkt. Daarbij was het in de eerste plaats de bedoeling te komen tot gemiddelde (of standaard)waarden voor de dichtheid van in het veld aan de hand van profieleigenschappen (als bodemeenheid, horizont, organische-stofgehalte, textuur enz.) te herkennen grondlagen. Gezien het veelvuldig gebruik dat van dichtheidsgegevens voor praktische toepassingen gemaakt wordt, zal een serie van representatieve waarden in een behoefte voorzien. Daarnaast hoopten we uit de bewerking ook een kwalitatief inzicht te krijgen in de relatie van de dichtheid met de afzonderlijke eigenschappen van de grond.

In het volgende wordt verslag van dit onderzoek gegeven. We laten het voorafgaan door een overzicht van het belang van de dichtheid van de grond voor verschillende toepassingen.

Praktische betekenis van de dichtheid van de grond

Omrekening van gravimetrisch bepaalde waarden naar volume-eenheden

Bij allerlei vormen van grondonderzoek (De Vries & Dechering, 1960), of dat nu betrek-

king heeft op het vochtgehalte, op stikstof- of kalkbemesting of op onderzoek van zware metalen of andere bodemverontreinigingen, is kennis omtrent de dichtheid van de grond vereist voor de omrekening van massa-eenheden naar volume-eenheden. Een moeilijkheid die zich daarbij en bij andere toepassingen van dichtheid voordoet, zijn de veranderingen waaraan deze waarde onderhevig is. Dat geldt in de eerste plaats voor de bovengronden waarvan de dichtheden door bewerking, dierlijk leven en weersinvloeden flink kunnen variëren. Door zwel en krimp en door fysische rijping, vooral bij organische-stofrijke of bij lutumrijke gronden, kunnen ook veranderingen in de ondergrond optreden. Met een voorjaarsbemonstering verkrijgt men een uniform uitgangspunt. Geploegde bouwvoren zijn dan bezakt en de zwel is beëindigd.

Dichtheid van de grond als maat voor de pakking

Bij de bepaling van de dichtheid van de grond wordt het gehele grondvolume, inclusief de poriën, in beschouwing genomen. Wanneer de overige omstandigheden gelijk zijn, hebben losse en poreuze gronden een lagere dichtheid dan gronden met een dichte pakking. Evenzo hebben gronden met structuurelementen een lagere dichtheid dan gronden met een enkel-korrelstructuur. Een toename van het organische-stofgehalte doet de dichtheid dalen, zodat bovengronden in het algemeen lagere dichtheden hebben dan ondergronden.

De dichtheid van de grond is uitgangspunt voor de berekening van de poriënfractie:

poriënfractie = 1 – dichtheid van de grond /dichtheid van de vaste fase

Voor de dichtheid van de vaste fase wordt in Nederland meestal 2,65 g.cm ^{3} genomen, wanneer het humusloos materiaal betreft. Voor organische stof bevattend materiaal wordt een reductie toegepast afhankelijk van het gehalte.

De dichtheid van de grond is dus een belangrijk gegeven bij het bestuderen van verdichtingen, de afname van de poriënfractie onder invloed van belasting. Vooral in verband met de gevolgen van de sterk toegenomen mechanisatie in de landbouw wordt hieraan de laatste tijd veel aandacht besteed (Boels, 1982; Soane, 1982).

Wortelontwikkeling

Bij het onderzoek naar de factoren die de ontwikkeling van het wortelstelsel beïnvloeden, is veel aandacht besteed aan de dichtheid van de grond. Het blijkt dat wortelgroei moeilijker wordt naarmate de dichtheid toeneemt. Zo geldt bijvoorbeeld voor pleistoceen lutum- en humusarm fijn zand, dat een poriënfractie van 0,4 geen wortelgroei toelaat (Hidding & Van der Berg, 1960). Deze poriënfractie komt overeen met een dichtheid van 1,6 g.cm^{-3}. Ook iets andere waarden komt men wel in de literatuur tegen (Schuurman, 1965).

Blijkens onderzoekingen van Wiersum (1957) is de mechanische weerstand de oorzaak van stagnatie in wortelgroei. Deze is echter niet uitsluitend van de dichtheid van

de grond afhankelijk (Camp & Lund, 1968; Van Wijk, 1980; Bouma, 1981). Het onderzoek naar de bewortelingsmogelijkheden heeft in Nederland de laatste tientallen jaren vooral gebruik gemaakt van de penetrometer om de mechanische weerstand van de grond en daarmee de doordringbaarheid voor wortels te bepalen (De Haan & Van der Valk, 1971; Houben, 1970 en 1972). Aan de dichtheid van de grond wordt daarbij zijdelings aandacht geschonken.

Vochthoudendheid en doorlatendheid

Bij berekening van de hoeveelheid vocht en lucht die een plantewortel ter beschikking staat, is de vochtkarakteristiek een onmisbaar gegeven. Deze is behalve van de textuur en het organische-stofgehalte afhankelijk van de dichtheid van de grond (Jamison & Krothu, 1958; Salter et al., 1966; Hall et al., 1977; Riley, 1979; Gupta & Larson, 1979; Poelman & Van Egmond, 1979; Rawls et al., 1982). Er is ook een samenhang tussen de dichtheid van de grond en de verzadigde doorlatendheid.

Onderzoekmethode

Op representatieve plaatsen, voornamelijk in het pleistocene zandgebied, zijn kuilen gegraven en de bodemprofielen beschreven. De bemonstering is meestal in het voorjaar in drievoud uitgevoerd. Met behulp van een hydraulische krik zijn ringen van 100 cm^3 horizontaal in de onderscheiden horizonten gedrukt. Tevens is rondom de ringen een monster genomen voor granulair onderzoek.

De ringmonsters zijn gedroogd bij 105 °C. Van ongeveer 1500 horizonten zijn gegevens verzameld. Als dichtheid van de horizont is het gemiddelde van de drie bepalingen genomen. De gegevens zijn bewerkt naar bodemeenheid, horizont, grondwatertrap, organische-stof- en leemklasse. Voor zover daartoe aanleiding bestond, zijn de gegevens van verschillende indelingen samengevoegd. Van de zo verkregen groepen zijn de gemiddelde waarde en de standaardafwijking bepaald.

Resultaten

Enige resultaten van de verrichte dichtheidsmetingen zijn samengevat in tabellen. Uit deze tabellen kan worden afgeleid wat de invloed op de dichtheid is van de ontwateringstoestand, de bodemvorming en het leemgehalte. Deze drie factoren kunnen afzonderlijk en samen worden beschouwd. De gehanteerde indelingen van deze factoren berusten op het bodemclassificatiesysteem van De Bakker & Schelling (1966) en de legenda van de bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000. De tabellen vermelden:

- de gemiddelde dichtheid van de grond in $g.cm^{-3}$;
- de standaardafwijking van de dichtheid;
- het aantal bemonsterde horizonten.

De verschillende factoren zullen hierna één voor één worden behandeld.

Ontwateringstoestand

Uit de literatuur (Krabbenborg & Van der Sluijs, 1976) is bekend dat natte zandgronden een dichtere pakking hebben dan droge. Op basis van de huidige ontwateringstoestand is met de grondwatertrappen (Gt's) een tweedeling gemaakt. Onderscheiden zijn een natte groep (Gt II, III en V) en een droge (Gt IV, VI en VII). Natte gronden blijken in alle horizonten dichter te zijn dan droge (tabel 1). Het maximale verschil tussen de gemiddelden bedraagt 0,15 $g.cm^{-3}$ (B2-horizont, 0-1,5% organische stof). Dit komt overeen met een verschil in poriënfractie van circa 0,06.

In de tweede A-horizont zijn de verschillen tussen beide groepen sprekender dan in de eerste, waar de antropogene invloed sterker is. Bij organische-stofgehalten van meer dan 5% verdwijnt het verschil of zijn de gronden van de droge groep zelfs iets dichter.

Ook in de overgangslaag (B3- en BC-horizont) zijn de verschillen duidelijk. In de C-horizont zijn de verschillen tussen de natte en de droge groep minder groot dan was verwacht. Twee oorzaken zijn hiervoor aan te wijzen. Allereerst zal een deel van de tot de droge groep gerekende C-horizonten door hun diepere ligging periodiek nat zijn (Gt IV en Gt VI). Daarnaast geeft de gevolgde ruwe tweedeling de huidige ontwateringstoestand aan. In grote delen van Nederland zijn vooral in de laatste decennia door een diepere ontwatering de grondwaterstanden verlaagd. Een deel van de tot de droge groep gerekende gronden (Gt IV, VI en in mindere mate VII) is onder nattere omstandigheden gevormd dan de huidige ontwateringstoestand aangeeft.

Bodemvorming

Door bodemvorming ontstaan verschillen in organische-stofgehalte. Er zijn vijf organische-stofklassen in beschouwing genomen. In de diepere horizonten doen begrijpelijkerwijs de klassen met meer dan 1,5% organische stof niet mee, terwijl in het bovenste deel van de A-horizont juist de klassen met minder dan 2,5% organische stof afvallen. Uit de gegeven gemiddelden (tabel 1) blijkt dat zowel voor de natte als voor de droge groep de dichtheid in de A- en B2-horizonten afneemt als het organische-stofgehalte toeneemt. De gemiddelden van de bovenste A-horizont komen goed overeen met de waarden in deel II van het handboek voor de akkerbouw (Bernelot Moens, 1973).

Per organische-stofklasse vertonen de A- en B2-horizonten slechts geringe verschillen in dichtheid. Indien in de B2-horizont louter een mechanisch inspoelingsproces van onder meer organische stof had plaatsgevonden, zou de dichtheid van deze inspoelingshorizont groter moeten zijn dan die van de C-horizont waarin de B2 is gevormd. Juist in B2-horizonten met 5-8% organische stof wordt echter de laagste dichtheid gevonden, en wel 0,37 $g.cm^{-3}$ lager dan die van de organische-stofklasse 0-1,5% (poriënfractie 0,14 kleiner). Kennelijk zijn in de B2-horizont ook andere, nog nauwelijks onderkende, processen van invloed. Gedacht kan worden aan opvriezen, aan zwel en krimp bij bevochtigen en uitdrogen, en aan biologische processen.

Behalve bij de ontwateringstoestand is ook bij de bodemvorming een groepering naar

Tabel 1. Gemiddelde en standaardafwijking van de dichtheid van de grond (g.cm ^{3}) in bodemhorizonten van zandgronden per Gt-groep en organische-stofklasse.

Horizont	Organische-stofklasse (%)	Gt-groep 'nat'		Gt-groep 'droog'	
		dichtheid met standaardafw.	aantal monsters	dichtheid met standaardafw.	aantal monsters
A	2,5 – 5,0	1,39 ± 0,07	55	1,33 ± 0,11	126
(0-20 à 30 cm)	5,0 – 8,0	1,28 ± 0,10	70	1,27 ± 0,09	73
	8,0 – 15,0	1,12 ± 0,13	20	1,17 ± 0,07	7
A	0 1,5	1,59 ± 0,10	12	1,48 ± 0,07	38
(>20 à 30 cm)	1,5 – 2,5	1,47 ± 0,07	23	1,41 ± 0,10	80
	2,5 – 5,0	1,42 ± 0,09	44	1,34 ± 0,08	113
	5,0 – 8,0	1,25 ± 0,12	21	1,28 ± 0,08	36
B2	0 1,5	1,64 ± 0,11	24	1,49 ± 0,11	55
	1,5 – 2,5	1,53 ± 0,08	16	1,43 ± 0,12	35
	2,5 – 5,0	1,39 ± 0,09	24	1,40 ± 0,10	44
	5,0 – 8,0	1,27 ± 0,10	6	1,28 ± 0,12	20
B3 + BC	0 – 1, 5	1,66 ± 0,06	45	1,54 ± 0,11	104
C	0 – 1, 5	1,67 ± 0,11	179	1,62 ± 0,10	168

nat en droog te maken. In hun classificatie onderscheiden De Bakker & Schelling (1966) op subordeniveau hydro- en xerogronden. Hydrogronden dragen, ook al is de ontwateringstoestand inmiddels veranderd, nog steeds de kenmerken van hun natte ontstaanswijze. Bij de xerogronden ontbreken deze kenmerken; zij zijn onder droge omstandigheden ontstaan. Vergelijkbaar met de xeropodzolgronden zijn de moderpodzolgronden, die eveneens onder droge omstandigheden zijn gevormd, maar in rijker moedermateriaal.

In de uit morfometrische profielkenmerken afgeleide indeling naar nat en droog komen wel duidelijke verschillen in dichtheid van de C-horizont naar voren (tabel 2).

Tabel 2. Gemiddelde en standaardafwijking van de dichtheid van de grond (g.cm^{-3}) in C-horizonten van zandgronden die onder natte respectievelijk droge omstandigheden zijn ontstaan.

C-horizont van	Ontstaans-wijze	Dichtheid met standaardafw.	Aantal monsters
veldpodzolgronden	nat	1,66 ± 0,07	82
beekeerdgronden	nat	1,66 ± 0,13	70
gooreerdgronden	nat	1,68 ± 0,07	58
haarpodzolgronden	droog	1,61 ± 0,05	15
vorstvaaggronden	droog	1,59 ± 0,06	22
holtpodzolgronden	droog	1,53 ± 0,07	27

De veldpodzol-, beekeerd- en gooreerdgronden hebben gemiddeld een dichtheid van 1,67 g.cm^{-3}, overeenkomend met een poriënfractie van 0,37, hetgeen beneden de bewortelbaarheidsgrens ligt. Bij de haarpodzol-, vorstvaag- en holtpodzolgronden is de dichtheid van de C-horizont gemiddeld 1,57 g.cm^{-3} en de poriënfractie 0,41. Vooral in de als 'mild' beoordeelde C-horizont van deze gronden wordt wel beworteling aangetroffen.

Leemgehalte

Tabel 3 laat voor horizonten met minder dan 1,5% organische stof van de Gt-groepen nat en droog een splitsing zien naar leemklasse. Sterk lemige en zeer sterk lemige horizonten (17,5-50% leem) tenderen naar een lagere dichtheid dan de leemarme en zwak lemige lagen (0-17,5% leem). Een lagere dichtheid binnen de groep met 17,5-50% leem wordt juist gevonden bij horizonten die ten opzichte van het leemgehalte een relatief hoog lutumgehalte hebben.

Voor de uitsluitend tot de natte groep behorende beekeerd- en broekeerdgronden wordt de verklaring voor het verschil in dichtheid gezocht in de aanwezigheid van wortelgangen van een fossiele begroeiing. Dergelijke gangen worden vooral in lemige C-horizonten gevonden. De aan- of afwezigheid van gangen veroorzaakt aanmerkelijke verschillen in dichtheid, die in de grootte van de standaardafwijking tot uitdrukking komt.

Tabel 3. Gemiddelde en standaardafwijking van de dichtheid van de grond (g.cm^{-3}) in bodemhorizonten (met minder dan 1,5% organische stof) van zandgronden per Gt-groep en leemklasse.

Horizont	Gt-groep	Leemklasse 0-17,5%		Leemklasse 17,5-50%	
		dichtheid met standaardafw.	aantal monsters	dichtheid met standaardafw.	aantal monsters
B3 + BC[1]	nat	1,67 ± 0,06	34	1,64 ± 0,06	9
	droog	1,56 ± 0,10	89	1,46 ± 0,13	13
C (beekeerd- en broekeerdgr.)	nat	1,69 ± 0,06	54	1,58 ± 0,21	27
C (overige zandgr.)[2]	nat	1,69 ± 0,07	67	1,68 ± 0,12	30
	droog	1,63 ± 0,09	130	1,60 ± 0,12	38

1. Voornamelijk veldpodzol-, laarpodzol- en enkeerdgronden. In de droge groep ook holtpodzol-, loopodzol- en haarpodzolgronden.
2. Zelfde gronden als 1., plus gooreerdgronden.

Samenvatting

De dichtheid van de grond is een voor diverse praktische toepassingen te gebruiken fysische karakteristiek: omrekening van gravimetrisch bepaalde waarden naar volume-eenheden, het aantonen van (ver)dichte lagen in het bodemprofiel, bepaling van de bewortelbaarheid, de vochthoudendheid en de doorlatendheid.

Verwerkt zijn de dichtheidsgegevens van 1500 horizonten in voornamelijk pleistocene zandgronden. Het organische-stofgehalte heeft een dominante invloed op de dichtheid van A- en B-horizonten (tabel 1). Eveneens van invloed is de ontwateringstoestand; natte zandgronden hebben een grotere dichtheid dan droge. Significante verschillen in dichtheid van C-horizonten zijn aantoonbaar tussen gronden met en zonder hydromorfe kenmerken (tabel 2). Sterk lemige en zeer sterk lemige horizonten tenderen naar een lagere dichtheid dan de leemarme en zwak lemige (tabel 3).

Summary

The bulk density of the soil is a physical characteristic to be used for several practical purposes: calculation of weight of components to their volumes, proving of dense and densified layers in the soil, determination of rootability, moisture capacity and permeability.

Bulk density data from 1500 horizons were compiled, mostly from soils developed from pleistocene sands. Organic-matter content has a dominant influence on the bulk density of A and B horizons (Table 1). Drainage is also important. Badly drained sandy soils have a higher bulk density than well-drained sandy soils. C horizons from soils with and without hydromorphic characteristics differ significantly in bulk density (Table 2). Very loamy and extremely loamy sandy horizons tend to have a lower bulk density than loam-poor and slightly loamy horizons (Table 3).

Literatuur

Bakker, H. & J. Schelling, 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. Pudoc, Wageningen, 217 pp.

Bakker, H. de, 1979. Major Soils and soil regions in the Netherlands. Pudoc, Wageningen/Junk, The Hague, 203 pp.

Bernelot Moens, H.L. (ed.), 1973. Handboek voor de akkerbouw. Deel II Technisch bedrijfsverband en bedrijfssynthese. Proefstation voor de akkerbouw, Lelystad/Wageningen, 140 pp.

Boels, D., 1982. Physical soil degradation in the Netherlands. In: D. Boels, D.B. Davies & A.E. Johnston, Soil degradation: proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 13-15 October 1980. Balkema, Rotterdam. p. 47-65.

Bouma, J., 1981. Soil survey interpretation: estimating use-potentials of a clay soil under various moisture regimes. Geoderma 26: 165-177.

Campjr., C.R. & Z.F. Lund, 1968. Effect of mechanical impedance on cotton root growth. Transact. of the ASAE 11 (2): 188-190.

Gupta, S.C. & W.E. Larson, 1979. Estimating soil water retention characteristics from particle distribution, org. matter percent and bulk density. Water Resourc. Res. 15: 1633-1635.

Haan, F.A.M. de & G.G.M. van der Valk, 1971. Effect of compaction on physical properties of soil and root growth of ornamental bulbs. Trans. First Int. Symp. on Flower Bulbs.
Hall, D.G.M., M.J. Reeve, A.J. Thomasson & V.F. Wright, 1977. Water retention, porosity and density of field soils. Soil survey technical monograph no. 9, Harpenden, 75 pp.
Hidding, A.P. & C. van den Berg, 1960. The relation between porevolume and the formation of root systems on soils with sandy layers. Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci. I, p. 369-374.
Houben, J.M.M.Th., 1970. Bewortelingsmogelijkheden in zandprofielen. De Buffer 16 (4): 53-58.
Houben, J.M.M.Th., 1972. Effect van diepe grondbewerking op de beworteling in het tracé van een pijpleiding. Cultuurtechn. Tijdschr. 12 (1): 21-27.
Jamison, V.C. & E.M. Kroth, 1958. Available moisture storage capacity in relation to textural composition and organic matter content of several Missouri soils. Soil Science Soc. of Amer. Proc. 22: 189-192.
Krabbenborg, A.J. & P. van der Sluijs, 1976. Standaard-pF-gegevens van dekzandgronden. Cultuurtechn. Tijdschr. 15 (6): 291-298.
Poelman, J.N.B. & Th. van Egmond, 1979. Uit eenvoudige grootheden af te leiden pF-waarden voor zee- en rivierkleigronden. Rapport nr. 1492, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 18 pp.
Rawls, W.J., D.L. Brakensiek & K.E. Saxton, 1982. Estimation of soil water properties. Transactions of the ASAE 25 (5): 1316-1320, 1328.
Riley, C.F., 1979. Sammenhengen mellom jordas vannholdende evne og dens mekaniske sammensetning mold innhold of volumvekt. Relationships between soil moisture-holding properties and soil texture, organic matter and bulk density. Forskning Og Forsik Cond. 30 (4): 379-398.7
Salter, P.J., G. Berry & J.B. Williams, 1966. The influence of texture on the moisture characteristics of soils. III Quantitative relationships between particle size, composition, and available-water capacity. Journal of Soil Science 17 (1): 93-98.
Schuurman, J.J., 1965. Influence of soil density on root development and growth of oats. Plant and Soil 22 (3): 352-374.
Soane, B.D., 1982. Soil degradation attributable to compaction under wheels and its control. In: D. Boels, D.B. Davies & A.E. Johnston, Soil degradation: proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 13-15 October 1980. Balkema, Rotterdam. p. 27-45.
Stichting voor Bodemkartering, 1965. De bodem van Nederland. Toelichting bij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:200000. Wageningen. 292 blz.
Vries, O. de & F.J.A. Dechering, 1960. Grondonderzoek, 4e druk, Oosterbeek.
Wiersum, L.K., 1957. The relationship of the size and structural rigidity of pores of their penetration by roots. Plant and Soil, IX (1): 75-85.
Wijk, A.L.M. van, 1980. Playing conditions of grass sports fields. Dissertatie Landbouwhogeschool Wageningen. Pudoc, Wageningen, 124 pp.

Documentatie

Structuuronderzoek in relatie tot de bodemkaart

M.J. Kooistra, A. Jager, O.H. Boersma en D. Schoonderbeek

Inleiding

Textuur en structuur van de grond worden vaak in één adem genoemd. Zij behoren tot de basisgegevens die iedere veldbodemkundige opneemt, als hij een profiel bestudeert. Textuur en structuur hebben met elkaar te maken. Zo bestaan lutumrijke gronden vrijwel altijd uit structuurelementen; in lutumarme gronden ontbreken deze meestal. Toch hoeven gronden met dezelfde textuuropbouw geen identieke structuuropbouw te hebben.

De textuur kan door boringen eenvoudig gedetailleerd worden opgenomen in het veld. De structuur levert meer problemen op, omdat deze aan ongestoord bodemmateriaal moet worden bestudeerd. Echter, kennis van de structuuropbouw van de bodem vergroot het inzicht in de water- en luchthuishouding in de grond en daarmee in de bewortelingsmogelijkheden van gewassen. Deze aspecten zijn van groot belang voor cultuurland. Om meer inzicht te krijgen in het verschijnsel structuur, de relatie ervan met textuur en met het complex van kenmerken dat een bodemeenheid bepaalt, zijn verschillende structuuronderzoekingen uitgevoerd. Het bleek mogelijk duidelijke relaties aan te geven.

In dit artikel willen we kort ingaan op de opbouw van het structuuronderzoek, resulterend in een voorbeeld waarin de relatie van een structuurkartering met de systematische bodemkartering op een schaal van 1:50000 wordt geïllustreerd.

Opbouw van het structuuronderzoek

Inleiding

De basis voor het structuuronderzoek is het structuurbeschrijvingssysteem dat Jongerius in 1957 heeft gepresenteerd. Hij hanteert in dit systeem de volgende definitie van bodemstructuur: 'Bodemstructuur is de ruimtelijke rangschikking van de elementaire bestanddelen en hun eventuele aggregaten, alsmede van de holten die in de bodem voorkomen'. Dit is een ruime definitie. Materiaal zonder structuurelementen maar met holten, bij voorbeeld diergangen, heeft volgens deze definitie dus ook structuur. Dit is gedaan, omdat de holten zowel bodemkundig als landbouwkundig van belang zijn. Omdat bij gebruik van deze definitie niet elke bodemstructuur structuurelementen bevat, wordt in plaats van structuur de term structuurtype gehanteerd.

In een grond vinden we vrijwel altijd een verticale opeenvolging van een aantal structuurtypen. Om inzicht te krijgen in de processen die zich in de bodem afspelen en afgespeeld hebben, is het noodzakelijk dat men de opeenvolging van structuurtypen als een totaliteit beschouwt, zoals men dat ook bij de textuur doet. In 1960 is het belang hiervan reeds ingezien en Hulshof et al. lanceerden hiervoor de term structuurprofiel, die door Edelman et al. (1963) werd overgenomen. Het begrip structuurprofiel is in verschillende studies gehanteerd (Jongerius, 1964; Jager, 1968).

De verscheidenheid aan structuurprofielen is groot en rangschikking van verwante structuurprofielen in een classificatiesysteem werd noodzakelijk geacht. Gebaseerd op detailstudies zijn uiteindelijk voor de klei- en leemgronden van Nederland 8 hoofdtypen en 17 subtypen onderscheiden. De laatste jaren zijn enkele proefkarteringen uitgevoerd, waarbij nagegaan is in hoeverre de classificatie van structuurprofielen aansluit bij de legenda van de bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, en wat de oorzaken zijn van verschillen en overeenkomsten.

Structuurtypen

Het structuurtype wordt bepaald door een aantal factoren waarvan de belangrijkste zijn: de textuur, het humusgehalte, de vochthuishouding, de biologische activiteit, het klimaat en de mens.

Lutum heeft een water-adsorberend vermogen en daardoor de eigenschap bij wisselende vochtgehalten te zwellen en te krimpen, hetgeen van invloed is op de vorming van structuurtypen. Zowel bij toenemend lutumgehalte als bij sterkere uitdroging worden andere structuurtypen gevormd. Figuur 1 geeft een overzicht van structuurtypen onder de A-horizont van zee- en rivierkleigronden bij toenemend lutumgehalte. Bij een zelfde lutumgehalte blijkt meer dan één structuurtype mogelijk te zijn.

Het humusgehalte, vaak in combinatie met biologische activiteit, is ook van invloed op het structuurtype. Bij toenemend humusgehalte en biologische activiteit worden meer afgerond-blokkige elementen en ruwe varianten van elementen aangetroffen.

Behalve als overkoepelende factor is het klimaat van invloed als de grond als akkerland in gebruik wordt genomen. De biologische activiteit neemt dan af door regelmatige bewerking van de bouwvoor en eveneens daalt meestal het humusgehalte. Op de kunstmatige structuur van de bouwvoor heeft het klimaat een grote invloed, omdat de grond een groot deel van het jaar onbedekt is. Bovendien veroorzaken toenemende mechanisatie en grondbewerking onder te natte omstandigheden vaak structuurdegradatie, onderin of net onder de bouwvoor (Jager & Boersma i.v.). In figuur 1b en 1c zijn voorbeelden gegeven van verschillen in structuurtypen bij toenemend lutumgehalte en verschillend bodemgebruik.

Structuurprofielen en classificatie

Er bestaat een grote verscheidenheid van structuurprofielen. De verscheidenheid is sterk vergroot door het gebruik van de grond door de mens. De classificatie van structuurpro-

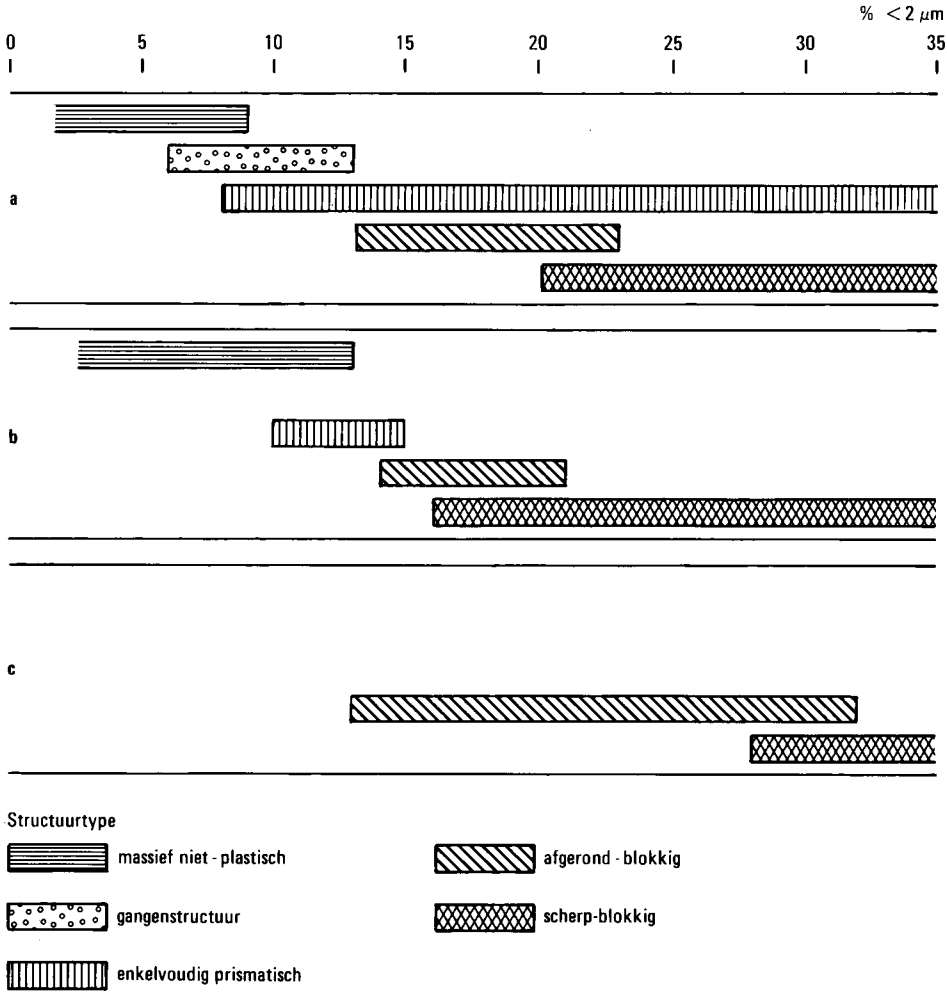


Fig. 1. Verband tussen structuurtype, lutumgehalte (deeltjes kleiner dan 2 μm) en bodemgebruik bij zee- en rivierkleigronden.
a: humusarme ongestoorde ondergronden
b: verdichte lagen (ploegzolen) in veeljarig bouwland
c: A-horizonten van oud grasland

fielen gaat uit van het structuurbeeld zoals dat zou zijn ontwikkeld zonder ingreep van de mens. Deze situatie wordt het best benaderd onder oud grasland, waar de bovengrond noch de ondergrond door de mens zijn verstoord. Bij akker- en tuinbouw is dat wel het geval en kunnen structuurprofielen sterk afwijken van de natuurlijke ontwikkeling (fig. 2). Een sterke invloed op de ontwikkeling van het structuurprofiel heeft de grondwaterhuishouding. Figuur 3 geeft schematisch de structuurprofielen van nat naar

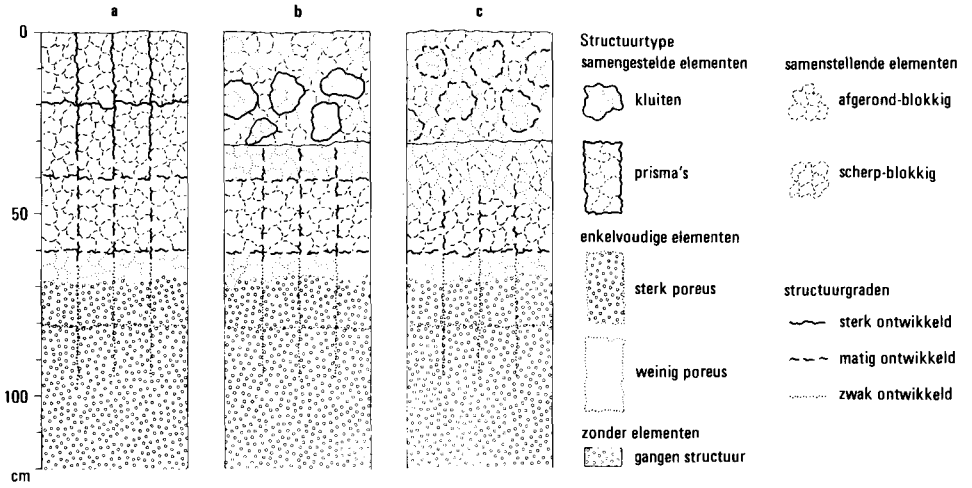


Fig. 2. Invloed van het bodemgebruik op het structuurprofiel van zware zavelgronden die naar beneden toe lichter worden.
a: oud grasland
b: bouwland, weinig verdicht (ideale structuur)
c: bouwland, sterk verdicht

droog onder grasland op homogene zware kleigronden. Van de structuurprofielen is ook de structuurgraad aangegeven. Het voorbeeld illustreert tevens het effect van vertrapping door vee onder natte omstandigheden. Het structuurtype in de bovengrond is meer afgerond dan op grond van de textuur verwacht mag worden en de structuurgraad ervan is laag. In het natte deel is het humusgehalte van de grond vrijwel altijd hoger, hetgeen het ontstaan van afgeronde structuurtypen versterkt.

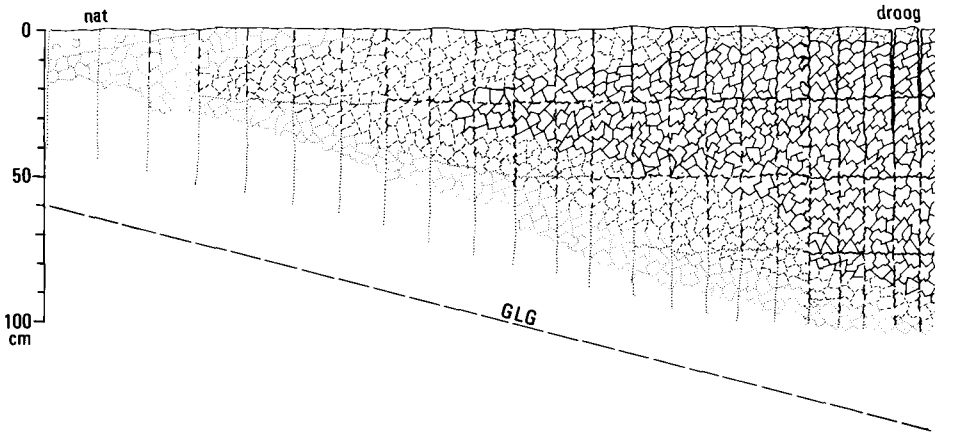


Fig. 3. Invloed van de ontwateringstoestand op het structuurprofiel in oud grasland op zware kleigrond (voor legenda zie fig. 2).

Met het toenemend inzicht in de factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van structuurprofielen werd het mogelijk een classificatie van structuurprofielen op te zetten. De huidige, nog niet definitieve, classificatie gaat uit van natuurlijke evenwichtssituaties.

Bij de indeling van het systeem is allereerst gelet op het structuurtype in de bovengrond. Twee onderscheidingen worden gemaakt, te weten bovengronden met een scherp-blokkig structuurtype en bovengronden met een afgerond-blokkig structuurtype. Deze twee bovengrond-structuurtypen zijn zowel genetisch, bodemkundig als landbouwkundig specifiek. Scherp-blokkige structuurtypen zijn ontstaan door fysische factoren als zwel en krimp, hebben een lage verzadigde doorlatendheid, een gering bergingsvermogen, een lage biologische activiteit, en vaak geringere bewortelingsmogelijkheden. Dit structuurtype komt voornamelijk voor in gronden met een hoog lutumgehalte. De structuurprofieltypen in figuur 3 kunnen hiertoe gerekend worden. Afgerond-blokkige structuurtypen daarentegen zijn voornamelijk een gevolg van hoge biologische activiteit, hebben een hogere verzadigde doorlatendheid, een groter bergingsvermogen, en goede bewortelingsmogelijkheden. Dit structuurtype is veelal te vinden in zavelgronden.

Ook in de ondergrond worden zeer verschillende structuurtypen aangetroffen. Door combinaties van structuurtypen in boven- en ondergrond is nu een indeling in 8 hoofdstructuurprofieltypen gemaakt. De verschillen tussen deze structuurprofieltypen hangen nauw samen met verschillen in granulaire samenstelling. De 8 hoofdstructuurprofielen zijn weer nader onderverdeeld in 17 subtypen. De onderscheiden structuurtypen op subtypeniveau zijn minder gebonden aan de granulaire samenstelling, dan aan verschillen in organische-stofgehalte en ontwateringstoestand. De classificatie is toegelicht in twee rapporten van de Stichting voor Bodemkartering (Jager & Boersma, 1978 en 1980). De bruikbaarheid van de ontwikkelde classificatie van structuurprofielen is getoetst in verschillende bodemkundige landschappen. Als voorbeeld worden resultaten van de proefkartering in de gemeente Oud- en Nieuw-Beijerland, gelegen in de Hoeksche Waard, gegeven.

Methodiek

Van het proefgebied, circa 440 ha groot, is zowel een bodemkaart als een structuurprofielenkaart gemaakt. De veldopname werd verricht op een schaal van 1:5000, met een waarnemingsdichtheid van ongeveer één waarneming per hectare. De structuurbeschrijving vond plaats aan ongestoord materiaal, tegelijkertijd met de beoordeling van het bodemtype. De indeling naar bodemtypen is gebaseerd op de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000. Beide kaarten zijn met elkaar vergeleken. Bekeken is welke structuurprofieltypen in de onderscheiden kaarteenheden voorkomen en hoe zij hierover zijn verdeeld. Deze verwerking is uitgevoerd met beeldanalyse-apparatuur, met name de Quantimet 720, een elektronisch apparaat waarmee verschillende parameters gemeten kunnen worden, zoals oppervlakte, omtrek, aantal vlakken en vormkarakteristiek (Ismail, 1975; Jongerius, 1974 en 1975; Jongerius & Bisdom, 1981).

Resultaten

Het gebied bestaat uit goed gedraineerde, kalkrijke poldervaaggronden waarvan het grootste deel een bovengrond van lichte of zware zavel heeft. Het lutumgehalte neemt veelal met de diepte af. Plaatselijk bestaat de ondergrond uit kleiig zeer fijn zand. Op de bodemkaart (fig. 4) komen 10 verschillende legenda-eenheden van kalkrijke poldervaaggronden voor. In figuur 4 zijn ook de structuurprofieltypen aangegeven. Er zijn 6 eenheden onderscheiden die tot 5 hoofdtypen behoren. Twee eenheden hebben een scherp-blokkige bovengrond. Van de andere vier is deze afgerond-blokkig, waarbij het structuurtype in de ondergrond varieert.

Van de gecombineerde bodem- en structuurprofielenkaart (fig. 4) is met de Quantimet 720 de verdeling vastgesteld van de structuurprofieltypen over de kaartvlakken van elke bodemeenheid (tabel 1).

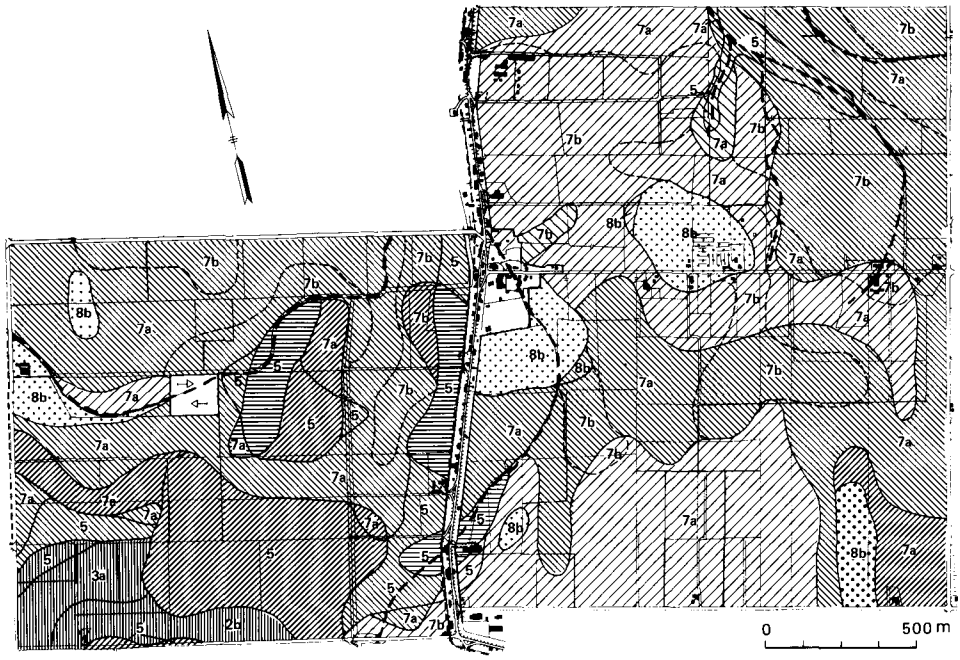
In een aantal bodemeenheden (Mn120A, Mn220A, Mn320A en Mn250A), die overigens slechts een geringe oppervlakte innemen, wordt niet meer dan één structuurprofieltype aangetroffen. In de overige komen er meer voor, waarbij er dan één of twee domineren.

De twee hoofdtypen met een scherp-blokkige bovengrond (2b en 3a) komen alleen voor in de gronden met zware klei op een lichte ondergrond (Mn451A). Het structuurtype in de ondergrond wordt voornamelijk bepaald door het lutumgehalte. In zware zavel bij voorbeeld ontstaan, indien goed gedraineerd, afgerond-blokkige elementen; in matig lichte zavel worden onder dezelfde omstandigheden heterogeen poreuze prisma's gevormd.

De andere hoofdtypen hebben een afgerond-blokkig structuurtype in de bovengrond (5, 7a, 7b en 8b). Van deze gronden bestaat de bovengrond uit lichte en zware zavel en lichte klei. Uit tabel 1 valt ook af te lezen dat een duidelijke verschuiving in dominant structuurprofieltype optreedt, als de textuur in het gehele profiel lichter wordt. Het dominante structuurprofieltype in lichte kleigronden die naar beneden toe geleidelijk lichter worden (Mn351A) of in zwaarte gelijk blijven (Mn350A), valt in hoofdtype

Tabel 1. Verband tussen bodemeenheid en structuurprofieltype.

Bodem-eenheid	Oppervlakte in		Verdeling van de structuurprofieltypen in %					
	ha	%	2b	3a	5	7a	7b	8b
Mn120A	21,7	5,0						100
Mn220A	1,3	0,3						100
Mn320A	4,7	1,1						100
Mn151A	111,6	25,9			0,8	53,3	45,6	0,3
Mn152A	5,7	1,3			22,8	47,4	29,8	
Mn251A	192,9	44,7			9,3	58,8	31,6	0,3
Mn250A	3,1	0,7			100			
Mn351A	57,7	13,4			64,8	31,6	3,6	
Mn350A	11,4	2,6			94,7	5,3		
Mn451A	21,7	5,0	56,7	43,3				



Legenda van de bodemkaart

kalkrijke poldervaaggronden

Mn120A lichte zavel met een zandondergrond beginnend tussen 40 - 80 cm

Mn220A zware zavel met een zandondergrond beginnend tussen 40 - 80 cm

Mn320A lichte klei met een zandondergrond beginnend tussen 40 - 80 cm

Mn151A lichte zavel die naar beneden geleidelijk lichter wordt

Mn152A lichte zavel die naar beneden geleidelijk zwaarder wordt (geen zware klei binnen 120 cm)

Mn251A zware zavel die naar beneden geleidelijk lichter wordt

Mn250 A zware zavel die naar beneden vrijwel geen variatie in textuur heeft

Mn351A lichte klei die naar beneden geleidelijk lichter wordt

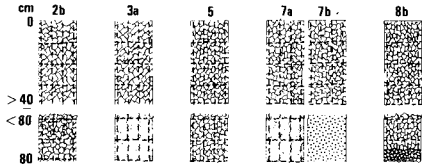
Mn350A lichte klei die naar beneden vrijwel geen variatie in textuur heeft

Mn451A zware klei op lichtere ondergrond die begint binnen 80 cm

vergraven en geëgaliseerd

oude kreekbeddingen

Legenda van de structuurprofielenkaart



scherp-blokkige elementen die al of niet tot ruwe prisma's zijn samengesteld

afgerond-blokkige elementen die al of niet tot ruwe prisma's zijn samengesteld

heterogeen-poreuze, enkelvoudige ruwe prisma's

gatenstructuur, bestaande uit onderling niet verbonden verticaal gerichte gangetjes (gangenstructuur)

zand of niet plastische massieve structuur

Fig. 4. Gecombineerde bodem- en structuurprofielenkaart van de proefkartering in de Hoeksche Waard.

5. Het dominante structuurprofieltype van Mn251A, met zware zavel in de bovengrond en naar beneden geleidelijk lichter wordend, komt in hoofdtype 7a. Als de bovengrond uit lichte zavel bestaat en het lutumgehalte naar beneden toe geleidelijk afneemt (Mn151A), is hoofdtype 7a nog wel dominant maar is ook hoofdtype 7b sterk vertegenwoordigd (zie ook legenda fig. 4). In al deze gevallen is in hoofdzaak het verschil in lutumgehalte bepalend. In ondergronden met minder dan 13% lutum komen geen afgerond-blokkige structuurtypen meer voor (zie fig. 1a). Het ontstaan van een gangenstructuur of een enkelvoudig prisma is mede afhankelijk van de ontwateringstoestand. Is de ontwatering goed, dan kan uit een gangenstructuur een enkelvoudig ruw prismatisch structuurtype ontstaan, met hetzelfde heterogene porositeitsbeeld als de gangenstructuur. In de lichte zavelgronden met een zandondergrond beginnend tussen 40 en 80 cm (Mn120A) is hier altijd hoofdtype 8b aangetroffen.

Uit het bovenstaande blijkt dat een duidelijk verband aanwezig is tussen de bodemkaart en de structuurprofielenkaart. De spreiding van structuurprofieltypen per bodemeenheid is, afgezien van het bodemgebruik, sterk gecorreleerd met verschillen in textuurverloop. Gezien de resultaten moet het mogelijk zijn wetmatigheden vast te stellen voor de structuurprofieltypen, die ontstaan bij verschillen in textuur, humusgehalte, vochtgehalte, biologische activiteit en bodemgebruik. Als deze wetmatigheden eenmaal bekend zijn, kan per legenda-eenheid van de bodemkaart een benadering gegeven worden van de structuurprofieltypen die voorkomen, zonder dat een gerichte structuurkartering hoeft plaats te vinden.

Dit onderzoek zal in de komende jaren uitgewerkt worden, ondersteund met fysische metingen zoals onder andere beschreven in Bouma (1982), en met opnamen van de beworteling. De verschillende structuurprofieltypen zijn dan behalve morfologisch ook te karakteriseren met deze, voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling van belang zijnde eigenschappen.

Samenvatting

De afgelopen jaren zijn gerichte structuuronderzoekingen uitgevoerd, die tot doel hadden meer inzicht te krijgen in het verschijnsel structuur en de relatie ervan met het complex van eigenschappen dat een bodemeenheid bepaalt.

Volgens het structuurbeschrijvingssysteem zoals dat in 1957 door Jongerius is ontwikkeld, bestaat een profiel uit een verticale opeenvolging van verschillende structuurtypen. De opeenvolging kan per profiel worden samengevat tot een zogenaamd structuurprofiel. Uit detailstudies bleek dat verschillende structuurprofieltypen te onderscheiden zijn. Deze hebben een duidelijke relatie met textuur, humusgehalte, ontwateringstoestand, biologische activiteit en bodemgebruik. Hiervan zijn enkele voorbeelden gegeven. De verschillende structuurprofieltypen zijn gerangschikt tot een classificatiesysteem dat toegepast is in enkele proefkarteringen. Bij de proefkarteringen is het structuurprofieltype opgenomen aan ongestoord bodemmateriaal, op dezelfde plaats waar de bodemeenheid door boringen reeds vastgesteld is. Vergelijking van bodemkaart en structuurprofielenkaart leverde een duidelijk verband op tussen eenheden van de bodemkaart en bepaalde structuurprofieltypen. Er kunnen verscheidene structuurprofiel-

typen voorkomen per legenda-eenheid van de bodemkaart. Deze correleren sterk met verschillen in textuurverloop en waterhuishouding van het profiel.

Gezien de resultaten moet het mogelijk zijn wetmatigheden vast te stellen voor de structuurprofieltypen die ontstaan bij verschillen in textuur, humusgehalte, ontwateringstoestand, biologische activiteit en bodemgebruik. Met behulp van deze wetmatigheden kunnen benaderingen opgesteld worden over het voorkomen van structuurprofieltypen per legenda-eenheid van de bodemkaart, zonder dat gerichte veldopnamen plaats hoeven te vinden. Dit onderzoek zal ondersteund worden met bodemfysische metingen en bewortelingsopnamen om behalve de morfologie, ook de eigenschappen vast te leggen die van belang zijn voor bodemgeschiktheidsbeoordelingen.

Summary

In recent years specific research on soil structure has been performed to increase the knowledge on the phenomenon of structure and its correlation with the whole complex of characteristics determining soil mapping units.

According to the descriptive system for soil structure as developed by Jongerius in 1957, a profile consists of a vertical sequence of structure types. These sequences can be summarized to so-called structure profiles. Detailed studies revealed several groups of structure profile types, that can be clearly related to texture, moisture conditions, humus content, biological activity and land use. Several examples have been presented.

The structure profile types can be classified in a system used in several surveys of sample areas. In these surveys soil structure of undisturbed soil material is described at the same places where soil data are collected by borings. Comparison of soil maps and maps on structure profile types of these surveys, of which one example is given, revealed distinct correlations between the units of the soil map and the structure profile types. Often several structure profile types occur in one mapping unit. They are, however, closely related to changes in texture and water balances of the profile.

In view of these results, principles can be determined for the development of structure profile types at different textures, moisture contents, humus contents, biological activity and land use. These principles can be used as keys for the determination of the occurrence of structure profile types per mapping unit without systematic structure observations in the field.

This research will be supplemented by soil physical measurements and rooting data to characterize, important properties for land suitability qualifications.

Literatuur

Bouma, J., 1982. Waterbeweging in kleigronden met macroporiën. Landbouwkundig Tijdschrift 94 (11): 396-400.

Edelman, C.H., K.C. Bhattacharyya, A. op 't Hof & A. Jager, 1963. Structuurprofielen van stroomruggronden. Boor en Spade 13: 66-81.

Hulshof, H.J., L.J.J. v.d. Kloes & A.F.C.M. Schellekens, 1960. Beworteling van appelbomen en bodemstructuur. Mededelingen Dir. Tuinbouw 23: 33-42.

Ismail, S.N.A., 1975. Micromorphometric soil-porosity characterization by means of electro-optical image analysis (Quantimet 720). Soil Survey Papers, no. 9. Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands.

Jager, A., 1968. Enige praktische aspecten van het structuurprofiel in zavel- en kleigronden. Buffer 14 (5): 100-107.

Jager, A. & O.H. Boersma, 1978. Toelichting bij het eerste ontwerp van de structuurprofielclassificatie. Rapport nr. 1415, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Jager, A. & O.H. Boersma, 1980. Structuurprofiel-studiekartering nabij Buren. Rapport nr. 1505, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Jager, A. & O.H. Boersma, 1981. Bodemgebruik, beworteling en enkele bodemkundige parameters in relatie tot de structuurmorfologie in de Hoeksche Waard. Rapport nr. 1602, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Jager, A. & O.H. Boersma, i.v. Bodemverdichtingen in akkerbouwgebieden in zuidwestelijk Nederland en het effect van enkele ingrepen tot opheffing ervan. Landbouwkundig Tijdschrift.

Jongerius, A., 1957. Morfologische onderzoekingen over de bodemstructuur. Bodemkundige Studies 2, Wageningen, 93 pp.

Jongerius, A., 1964. Het structuurprofiel. Landbouwkundig Tijdschrift 22: 66-81.

Jongerius, A., 1974. Recent developments in soil micromorphometry. Soil Microscopy. Proceedings of the 4th international working-meeting on soil micromorphology: 67-83.

Jongerius, A., 1975. Micromorphometric soil analysis by means of Quantimet 720. Fortschritte der quantitativen Bildanalyse, Vortrage des Imanco-Symposiums 1975: 161-185.

Jongerius, A. & E.B.A. Bisdom, 1981. Porosity measurements using the Quantimet 720 on backscattered electron scanning images of thin sections of soils. Submicroscopy of soils and weathered rocks. 1st Workshop of the International Working-Group on Submicroscopy of Undisturbed Soil Materials (IWGSUSM), 1980, Wageningen, The Netherlands: 207-216.

Documentatie

Naar geïntegreerde computertoepassingen bij Stiboka

J. van Kuilenburg

Inleiding

Nu de gebruiksmogelijkheden van de computer bij Stiboka in grote trekken verkend zijn, is het een goede gelegenheid een samenvatting te geven van de stand van zaken bij de geautomatiseerde informatieverwerking. Tevens is het op zijn plaats in dit kader enige ervaringen uit het verleden te vermelden en een blik op de nabije toekomst te werpen. Hierbij kan niet alleen gekeken worden naar de gekozen technische middelen voor informatievoorziening. Er moet ook aandacht geschonken worden aan de samenhangende werkprocedures, de organisatie en de kosten.

De beschrijving van de nodige techniek is in wezen eenvoudig: welke gegevens moeten aangeboden worden (invoer), welke gegevens worden weergegeven (uitvoer), en welke omzetting zit daartussen (verwerking). De beschrijving en vooral de argumentatie betreffende werkprocedures en organisatie, hebben echter nog steeds belangrijke, vaak moeilijk kwantificeerbare componenten. De kosten in tijd en geld zijn daarentegen bij de huidige stand van ontwikkeling wel veel beter te overzien dan enige jaren geleden. Het gaat daarbij overigens minder om de apparatuuraanschaf dan om de terugkerende investeringen voor het opbouwen en bijhouden van de bestanden.

Op zichzelf is de computer een technisch hulpmiddel zoals er vele zijn in de bodemkunde. Dat computergebruik nu speciale aandacht krijgt, is echter niet onbegrijpelijk. Er zijn vele, relatief nieuwe mogelijkheden, waarvan de prijs-prestatieverhouding steeds gunstiger wordt. Was in aanvang het werk beperkt tot rekenkundige operaties, nu is het steeds beter mogelijk complexe analyses uit te voeren op grote samenhangende archieven met bodemgegevens in drie dimensies. Hoewel trager dan in de jaren zeventig voorzien, krijgen zo geleidelijk informatiesystemen gestalte, niet als één geheel gerealiseerd, maar door het vervlechten van in de loop van de tijd ontwikkelde individuele toepassingen. Dat de hierbij te volgen aanpak nu in grote trekken bekend is, wil nog niet zeggen dat de praktische uitvoering en acceptatie voltooid is. Daarvoor is nog veel werk te verzetten. Ook blijft er voortdurend beweging door de snelle ontwikkeling in de techniek, de bodemkundige wetenschap, en specifieke nieuwe vragen naar bodemkundige kennis.

Informatieverwerking in de afgelopen jaren

Eind 1972 werd besloten de elektronische informatieverwerking te ontwikkelen voor

een zo breed mogelijk toepassingsveld betreffende het milieu. De inspanning werd gestructureerd door de Werkgemeenschap Informatiesysteem Aardwetenschappen (WIA) (Bie, 1978), gedragen door Stiboka en de Rijks Geologische Dienst, ondersteund met een speciale financiering. De aandacht werd primair gericht op de kartografie en de opbouw en exploitatie van landelijke bestanden met boorgegevens. Het geologische aandeel in deze onderneming blijft in dit stuk onbesproken.

Ten einde zoveel mogelijk profijt te trekken van ervaringen elders legde de WIA intensieve contacten met verwante instellingen. In Nederland waren dit onder meer landbouwinstellingen en universiteiten, evenals de Contactgroep Automatisering Kartografie. Internationaal was Stiboka actief in de Soils Information Systems groep (onder voorzitterschap van J. Schelling) van de Internationale Bodemkundige Vereniging. De gedrukte verslagen van deze bijeenkomsten vormden jarenlang bijna de enige algemeen toegankelijke bron aangaande computertoepassing in de bodemkunde (Bie & Schelling, 1978).

Het overnemen van concrete systemen van anderen is bij deze contacten uiteindelijk minder belangrijk gebleken dan het opdoen van kennis over het hoe en waarom van allerlei zaken. De oorzaak hiervan is dat informatieverwerking nadrukkelijk samenhangt met de specifieke taak van (overheids)instellingen, zodat de gebruikte systemen slechts beperkt overdraagbaar zijn. Bij gespecialiseerde technische onderdelen is dit minder het geval; zo is bijvoorbeeld het kartografische systeem van Stiboka van hetzelfde fabrikaat als dat van de Amerikaanse Bodemkundige Dienst (SCS). Ondanks deze beperking is tot op de dag van vandaag het contact profijtelijk geweest met bodemkundige instellingen van onder meer de VS, Canada, Duitsland, Engeland, Denemarken en de Volksrepubliek China. Toen het WIA-project in 1976 afliep, werden de activiteiten voortgezet als een meer operationeel gericht samenwerkingsproject van Stiboka en de Rijks Geologische Dienst voor de periode 1977-1983. De algemene doelstellingen voor de ontwikkeling van de systemen en bestanden voor milieugegevens bleven hetzelfde, maar ze werden beperkt tot vooral aardwetenschappelijke gegevens. De belangrijkste technische beslissing was om niet alle oude bodemprofielgegevens (honderdduizenden) in een computerbestand op te slaan. Het was vastgesteld dat veel gegevens niet representatief waren en dat de computeromzetting niet glonend kon zijn. Voor het bodemkundige bestand met landelijke betekenis werd wel de systematische bodemkaart in de computer opgeslagen met een beperkt aantal geselecteerde profielgegevens.

Een onderneming van deze omvang vergt in de aanloopfase een aantal werkzaamheden van tijdelijke aard die niet economisch door eigen personeel uitgevoerd kunnen worden. Daarom is een groot deel van de initiële computerinvoer van kaarten en profielgegevens uitbesteed (bij o.m. de Heidemij) en werden externe programmeurs ingeschakeld (van o.m. TNO). Met deze hulp was het ook mogelijk het nodige ondersteunende onderzoek te blijven doen. Een greep uit de behandelde onderwerpen toont uiteenlopende zaken als automatische classificatie, ruimtelijke modellering, kaartgeneralisatie, ruimtelijke interpolatie en zelfs filmweergave van computersimulatie. Uit dergelijk onderzoek en uit proefprojecten werd duidelijk, dat de computer met succes ingezet kan worden:

- waar veel gegevens herhaaldelijk systematisch verwerkt moeten worden (b.v. afgeleide bodemkaarten);

– waar veel berekeningen nodig zijn (b.v. hydrologische simulatie of statistiek);
– waar grote bestanden herhaaldelijk vanuit verschillende invalshoeken bekeken moeten worden (b.v. laboratoriumanalyses voor de karakterisering van bodemtypen).
Van deze gebieden geeft de volgende paragraaf een nadere omschrijving.

Steeds weer blijkt dat de bestandsopbouw (vooral de kartografische) dermate kostbaar is, dat meervoudig (niet-triviaal) gebruik van gegevens verzekerd moet zijn voor een verantwoorde automatisering. Automatisering levert ook dan meestal tijdwinst en kwaliteitwinst op, maar weinig direct financieel voordeel. Er is niet te ontkomen aan beperkte aanpassingen in opname- en registratie-procedures. Op zichzelf is dat een normaal verschijnsel bij de introductie van een nieuw gereedschap, hoewel de flexibiliteit van computers vaak (nog) onverwachte beperkingen vertoont.

Wie deze algemene ervaringen overziet, moet wel constateren dat computers momenteel voornamelijk effectief zijn als echte machines, voor taken die te omschrijven zijn als 'veel van hetzelfde'. De computer is in het algemeen ineffectief als kaartontwerpmachine (b.v. voor landschap), als automatische kaartgenerator (b.v. bodemkaart rechtstreeks uit veldwerk) of beslisser (b.v. voor bodemclassificatie en interpretatie). Als snelle rekenaar (b.v. voor modellen) en accurate boekhouder (b.v. archieven en kaarten) is de machine wel uitermate succesvol.

Huidige toepassingsgebieden

Archieven

Ondanks hun naam worden computers primair gefabriceerd voor de verwerking van administratieve bestanden (data-processing). Er zijn daarom voor de verwerking van archieven vele faciliteiten op de markt die direct inzetbaar zijn. De late opbouw van bodemkundige bestanden is dan ook geen gevolg van technische beperkingen, maar van de inspanning die nodig is om de relevante gegevens te definiëren, te uniformeren en inhoudelijk te controleren. Dit noodzakelijk opschonen en schiften vormt wel een positief neveneffect van de automatisering; de toegankelijkheid van belangrijke en kostbare archieven in de toekomst is daardoor verbeterd. Bij Stiboka is een aantal geautomatiseerde archieven in diverse stadia van opbouw. Zo is er een groeiend grondmonsterarchief met algemene, fysische en chemische bepalingen van een groot aantal grondmonsters uit het gehele land. Er zijn deelarchieven van het archief van de Dienst Grondwaterverkenning met grondwaterstanden. Ook wordt aandacht besteed aan de bodemgeschiktheidsbepalingen voor diverse gebruiksvormen (fig. 1). Daarnaast zijn er kleinere bestanden voor speciale behoeften, bijvoorbeeld aangaande beworteling of indringingsweerstand. Met de recente komst van beter toegankelijke computerfaciliteiten wordt verwacht, dat deze kleinere gegevensverzamelingen snel in aantal zullen groeien. Tenslotte zijn er de bestanden van aanzienlijke omvang met de boorprofielgegevens van de lopende opdrachtkarteringen. Deze bestanden zijn gekoppeld aan de bijbehorende kaartbestanden en interpretatietabellen. Het betreft vele duizenden profielbeschrijvingen en complete digitale kaarten die nodig zijn zolang een kartering in uitvoering is (fig. 2).

```
WIBARCHIEF
RUN1
FILE    WIB        (CREATION DATE =  16/06/83 )

V16         ONTW.TOESTAND
```

CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	31	14.4	16.1	16.1
	2.	56	25.9	29.2	45.3
	3.	36	16.7	18.8	64.1
	4.	66	30.6	34.4	98.4
	5.	3	1.4	1.6	100.0
	BLANK	24	11.1	MISSING	
	TOTAL	216	100.0	100.0	

```
VALID CASES      192       MISSING CASES     24
```

Fig. 1. Een voorbeeld van archiefbevraging betreffende het bodemgeschiktheidsarchief. De tabel bevat de tellingen van het voorkomen van de waarden (1 t/m 5) van de ontwateringstoestand, zowel absoluut als gecumuleerd met inachtneming van ontbrekende waarden.

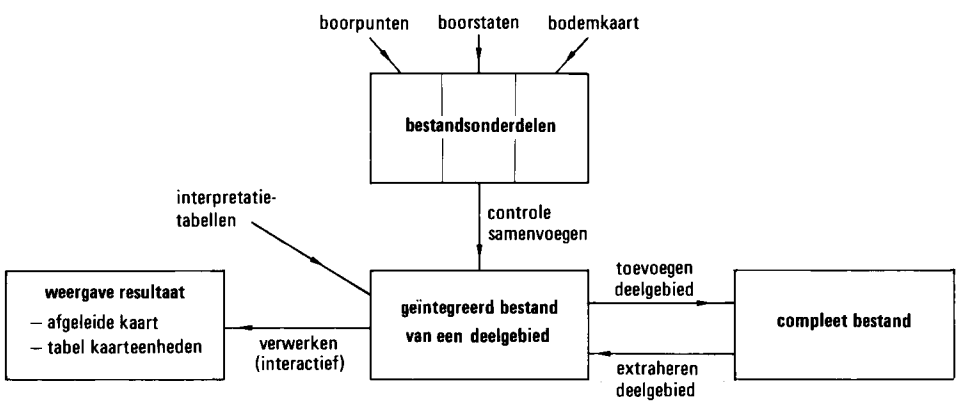


Fig. 2. Schema van de voornaamste elementen bij de opbouw van een complete digitale bodemkaart met kaart- en profielgegevens.

De activiteiten rond de genoemde bestanden zijn reeds vergelijkbaar; er is een invoer met bijhoudingssysteem en een bevragings- met weergavesysteem.

De verwerking tot kartografische produkten is uiteraard als regel onderdeel van de kartografie (Schelling, 1981). Er is daarbij om principiële redenen een duidelijk onderscheid tussen de grootschalige kaart (meestal 1:10000) en de kleinschalige kaart (meestal 1:50000).

De bodemkaart, schaal 1:50000, wordt direct na het gereedkomen digitaal opgeslagen en heeft dus omstreeks 1990 een volledige, landelijke dekking (Van Kuilenburg et al., 1981). Dit bestand is bedoeld om op afroep up-to-date (zwart-wit) interpretatiekaarten te leveren van een voldoende kartografische kwaliteit (fig. 3). Daar het bestand bijgehouden wordt, kan het gebruikt worden bij kaartbladrevisies. Ook is het op proef gebruikt bij de drukvoorbereiding (tot de kleurenscheiding), maar om economische redenen is dit niet voortgezet. De vlaksignaturen en belettering van de huidige kaart blijven bijvoorbeeld nog problematisch.

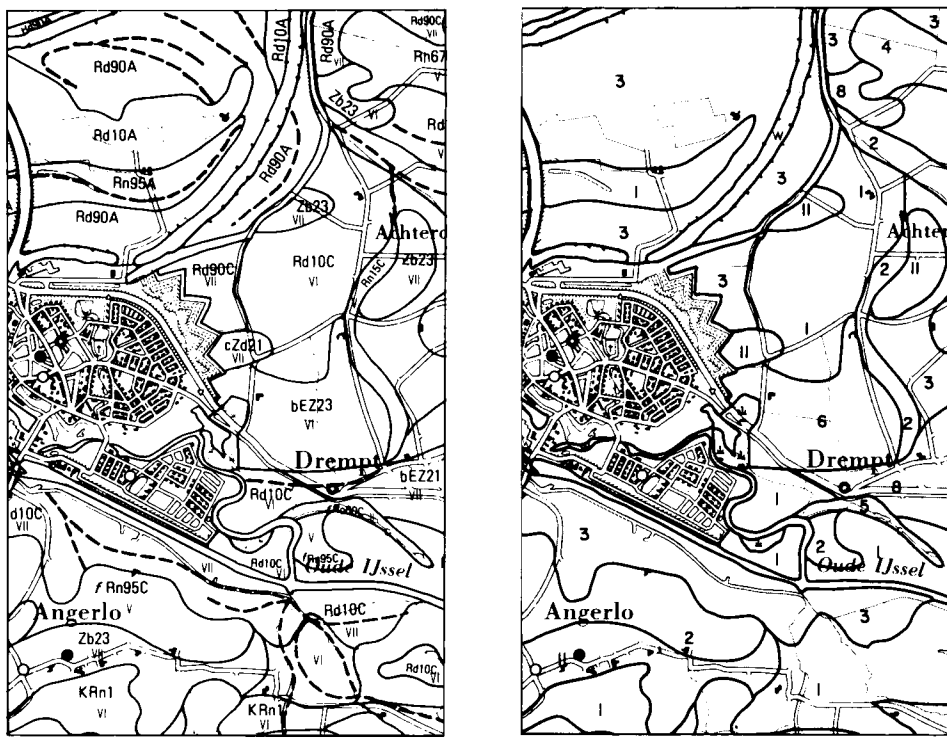

Rd90A
Rd10A
Rn95A
Rd90A
Rd10C
Rd90C
cZd21
bEZ23
Drempt
bEZ21
Rd10C
Oude IJssel
fRn95C
Angerlo
Rd10C
Zb23
KRn1
Rd10C
Rn67
Zb23
Rd90A
Zb23
Rd10C
Zb23
Rn95C
d10C
Rd10C
Rd10C
Rd



Fig. 4. Links een door de computer rechtstreeks vervaardigde geschiktheidskaart voor weidebouw van een deelgebied in de ruilverkaveling Goirle. Een hogere decimale eenheid duidt op een geringere geschiktheid. Rechts een uit hetzelfde bestand vervaardigde leemdieptekaart (diepte in cm, geen diepte-indicatie betreft boringen zonder leem).

De grootschalige bodemkaart, die vaak in opdracht vervaardigd wordt, wordt geregeld ook op magneetband afgeleverd (Van Kuilenburg, 1981). In dat geval wordt het lijnenbeeld voor de op papier af te leveren kaart ook door de computer uitgevoerd. Deze kaart vormt één geheel met de boorpuntenkaart en de corresponderende profielbeschrijvingen. Per jaar worden zo tussen de 10000 en 20000 profielen en een aantal bijbehorende bodemkaarten digitaal beschikbaar gesteld (fig. 4).

Voor ruimtelijke overzichten worden bovendien zogenaamde roosterkaarten vervaardigd, die per vierkant gebiedje een waarde weergeven met een oppervlaktesignatuur. Zo zijn bijvoorbeeld kaarten vervaardigd van opbrengstdepressies en van perceelsvormen. Bij alle kartografische weergaven geldt dat de bijgeleverde overzichten van gesorteerde oppervlakten der kaarteenheden een belangrijk bijprodukt vormen.

In de kartografie werd de computer al heel vroeg gebruikt bij het maken van de kaartencatalogus. Deze combinatie van archief en tekstverwerking resulteert in een op de computer bijgehouden archief met een automatisch gezette catalogus als onderdeel van de Centrale Catalogus Kartografie (CCK).

De rekenkundige toepassingen betreffen in de eerste plaats de modellen voor (transport)processen in de bodem. Dit zijn vooral watertransportsimulaties, bijvoorbeeld in verband met de beschikbaarheid van water gedurende het groeiseizoen. Het dynamische (systeem)karakter en de grote gradiënten van bodemfysische grootheden in een profiel maken dat dit soort simulaties bij het zware rekenwerk ingedeeld moet worden.

De diverse statistische toepassingen zijn daarentegen vaak te karakteriseren als klein rekenwerk (De Gruijter, 1978). Veel wordt hierbij gedaan aan de interpretatie van laboratoriumgegevens, de evaluatie van metingen aan bodemeenheden en ruimtelijke bemonstering. Evenals bij de kartografie zijn de problemen sterk afhankelijk van de gebruikte kaartschaal. Bij de grootschalige kaarten kunnen namelijk gelokaliseerde boorgegevens goeddeels het kaartbeeld definiëren. Bij de kleinschalige kaart definiëren de landschappelijke kenmerken het kaartbeeld en de profielen documenteren de kaarteenheden. Dergelijke problemen blijven in onderzoek, omdat ze ook samenhangen met de mate van voorspelbaarheid (en kwaliteit) van de gegevens welke uit een bodemkaart af te leiden zijn.

Technische aspecten

Hoewel apparatuur nog steeds niet goedkoop genoemd kan worden, is het aspect hardware niet meer doorslaggevend bij de automatisering. Er is altijd wel een passende apparatuuroplossing te vinden, als in detail vastgesteld kan worden welke geautomatiseerde diensten nodig zijn. De snel toegenomen mogelijkheden voor tekstverwerking, datacommunicatie en grafische verwerking zijn voor instellingen als Stiboka ruim voldoende. Het inzetten van microprocessoren heeft minder direct nut, omdat Stiboka gemakkelijk aangesloten kan worden op de centrale Staring-computer (VAX11-750). Overigens zijn de meeste eindapparaten zelf wel (onzichtbaar) uitgerust met microprocessoren.

Ten aanzien van de programmatuur zijn de zaken wat minder rooskleurig. Programmatuur moet nu eenmaal vaak specifiek zijn, want zij moet de verbinding tussen de machine en de mens in zijn werkomgeving verzorgen. De ervaring met grote algemene programmatuurpakketten is dan ook ronduit slecht te noemen. Zelfs de evaluatie om tot een keuze te komen bleek kostbaar, omdat voor een realistische afweging reeds een forse investering nodig is. Met name was dit het geval bij de zogenaamde databasemanagement-systemen, waarvan het nut voor wetenschappelijk gebruik vaak overschat is. Wel succesvol in te zetten was programmatuur voor beperkte taken. Dit was bijvoorbeeld het geval voor statistiek, wiskunde, isolijnenkaarten en tabelbevraging. Vooral op grafisch gebied is een groot aantal programma(delen) gekocht, gekregen, en zelf ontwikkeld. Het betreft hier vlakkenkaarten (choroplethen), perspectiefkaarten, gradiëntkaarten, waarschijnlijkheidskaarten, gewone grafieken, enz. Er zijn nog vele ontwikkelingen gaande op het gebied van kleurweergave en rasterweergave, zodat de vernieuwingen nog wel enige tijd voort zullen gaan.

Projectuitvoering

Het is in grote trekken gelukt de voorgenomen automatiseringsdoeleinden te bereiken. De projectmatige aanpak en de gestructureerde projectbegeleiding hebben gezorgd voor een bevredigende voortgang en de nodige sturing. Er is nu een evenwichtige verhouding tussen verwerkingsbehoeften, mensen en faciliteiten. Na het afsluiten van de huidige overgang naar de Staring-computer, en na de introductie van dit systeem, zijn de apparatuur- en ruimtesituatie overzichtelijk.

Het is van belang gebleken de doeleinden van elk project (of systeemonderdeel) voor alle betrokkenen nadrukkelijk in te delen bij methodenonderzoek, prototype-ontwikkeling, demonstratieproject of operationele toepassing. Vooral de eisen van operationele toepassingen wat beschikbaarheid en snelheid betreft, zijn niet te combineren met onderzoek en ontwikkeling. Het is voor de beheersbaarheid van een project wenselijk dat de onderdelen niet te groot zijn, zodat ze flexibel aangepast kunnen worden. Een dergelijke eigenschap is dienstig, omdat de middelen en gebruikerskennis zo veranderen dat alert bijgestuurd moet kunnen worden. Eenvoudige proefsystemen (prototypen) met een korte looptijd zijn bijzonder effectief, speciaal als geen van de betrokkenen ervaring heeft met het beoogde systeem. Hierdoor wordt tevens voorkomen dat geld onnodig geïnvesteerd wordt. Omvangrijk of sterk gespecialiseerd tijdelijk werk is goed elders uit te voeren, bijvoorbeeld door IWIS/TNO.

Integratie

De integratie van individuele toepassingen maakt meer complexe analyses van het milieu mogelijk. Stiboka heeft zich steeds beijverd voor deze integratie. Binnen het instituut wordt gewerkt om de afzonderlijke verwerking van kaarteenheden, profielgegevens en de daarmee samenhangende bodemfactoren, beoordelingsfactoren en bodemgeschiktheden zoveel mogelijk in één systeem te vatten.

Het leggen van relaties met andersoortige gegevens geeft nog extra praktische problemen door incompatibiliteiten in ruimte (b.v. topografische grondslag), in tijd (b.v. bijhoudingsmoment) of in operationele zin (b.v. personele inzet). Financiering en competentie-afbakening zijn ook niet altijd eenvoudig. Toch is integratie in beperkte mate gelukt met geologische gegevens. Eveneens is dit het geval met landschapsbeeldgegevens (Burrough, 1981) en de cultuurtechnische inventarisatie, zij het tegen aanzienlijke kosten. Ook op andere gebieden zijn er ontwikkelingen in de richting van integratie door gegevensuitwisseling en combinatie. De digitale bodemkaart wordt afgeleverd voor landinrichtingsprojecten en daar op den duur opgenomen in een groter geheel. Onderzoek is daarnaast onder meer gedaan naar de uitwerking van milieukarteringen (biotisch en abiotisch) en geomorfologie. Integratie is momenteel effectief als er concrete vragen liggen en als de nodige gegevens gekoppeld kunnen worden door gemeenschappelijke kenmerken (inclusief de locatie). Blijvend contact tussen de uitvoerende instellingen is noodzakelijk om te verzekeren dat de koppelingsmogelijkheden voorzien zijn en daarmee uitvoerbaar worden als de behoefte zich voordoet.

Een heel ander soort integratie is die van technische middelen. Deze voltrekt zich

in het Staringgebouw door middel van de gemeenschappelijke computer, maar strekt zich ook uit over de administratieve sector. In het Staringgebouw staan behalve de centrale computer en zijn terminals, procescomputers bij laboratoriumopstellingen, tekstcomputers bij de administratie, een computerboekhouding, een complete bibliotheekautomatisering, geautomatiseerde kartografie, enz. Voorts wordt er via telefoonlijnen buiten het gebouw gewerkt.

Daar al deze activiteiten allerlei dwarsverbindingen hebben, wordt ook binnen het kantoor apparatuur verbonden. Zo treedt het instituut een meer geavanceerde elektronische wereld binnen. Daar de sociale consequenties voor de bodemkundige wereld hiervan in het algemeen niet ingrijpend zijn, kan deze verruiming van mogelijkheden alleen maar toegejuicht worden.

Verdere ontwikkelingen

Het laat zich aanzien dat de ontwikkelingen van nu zich in de toekomst zullen voortzetten. Het wat moeilijk te vatten begrip informatiesysteem zal zich daarbij concretiseren in het geleidelijk verweven raken van bestanden en techniek. Het resultaat is voor sommigen onverwacht weinig futuristisch, namelijk een beeldscherm met een handleiding die vooral administratieve dingen doet waar behoefte aan is. Dat deze situatie dan als zo gewoon ervaren wordt, is te danken aan initiatieven van mensen als Schelling, die op een bepaald moment besloten dat het opportuun was in deze sector actief op te treden en eraan mede richting te geven.

De verder te ontwikkelen toepassingen zijn hier en daar al genoëmd. Het accent zal liggen op de behandeling van profielgegevens en ruimtelijke analyse van opnamegegevens. De tot nu toe niet benadrukte dimensie tijd geeft mogelijk ook incidenteel interessante mogelijkheden, want er is sinds de eerste opname wel een en ander veranderd in de Nederlandse bodem. De meeste inspanning is echter nodig voor de stroomlijning en doorvoering van de huidige systemen in het gehele Stiboka-bedrijf. Nieuwe technologie zal zich daarnaast wel blijven aandienen, waarbij het steeds een kwestie van kiezen blijft: uiteindelijk is de bodemkunde het hoofddoel, niet de techniek. Bij een verstandige keuze uit de mogelijkheden komen krachtige hulpmiddelen beschikbaar die een meer kwantitatieve interpretatie mogelijk maken, met soms een verbeterd voorspellend karakter voor de actuele en potentiële toestand van de bodem.

Samenvatting

De ontwikkeling van het computergebruik bij Stiboka wordt besproken. Activiteiten op de volgende gebieden vormen het hoofdbestanddeel van het werkpakket: technisch-wetenschappelijke archieven, kartografie, statistiek en bodem-simulatiemodellen. Hoewel in aanzienlijke mate gesteund kan worden op ervaringen elders, waren omvangrijke eigen technische ontwikkelingen nodig. Als operationele computertoepassingen werden onder meer de nationale digitale bodemkaart, schaal 1:50000, gerealiseerd en een systeem voor aflevering van de gekoppelde profielgegevens met de bodemkaart, schaal

1:10000. De integratie van de diverse bodemarchief- en kaartgegevens komt eerst geleidelijk tot stand. Een vroegtijdige afstemming van de diverse te integreren bestanden en systemen op elkaar is van groot belang gebleken.

Summary

The development of computer use at the Netherlands Soil Survey Institute is discussed. The main activities concern the following fields: scientific data bases, cartography, statistics and soil-simulation models. A technical development effort of considerable size was necessary despite the use of experiences elsewhere. Several individual operational applications matured during recent years. Examples are the digital soil map, scale 1:50000, covering the whole country, and the system for the provision of profile data coupled with the digital soil map, scale 1:10000. The integration of the different soil-archive- and map data is only gradually realized. A timely attuning of the files to be integrated, appeared to be of paramount importance.

Literatuur

Bie, S.W. (ed.), 1978. Eindverslag Werkgemeenschap Informatiesysteem Aardwetenschappen. Stiboka, Wageningen/RGD, Haarlem. 99 pp.

Bie, S.W. & J. Schelling, 1978. An integrated information system for soil survey. In: A.N. Sadovski & S.W. Bie (ed.), Developments in soil information systems. Proceedings of the second meeting of the ISSS Working Group on Soil Information Systems, Varna/Sofia, Bulgaria, 30 May – 4 June 1977. Pudoc, Wageningen, p. 43-49.

Burrough, P.A., 1981. The development of a landscape information system in the Netherlands, based on a turn-key graphics system. Geo-processing 1 (3): 257-274.

Gruijter, J.J. de, 1978. An application of numerical classification in soil survey. In: A.N. Sadovski & S.W. Bie (ed.), Developments in soil information systems. Proceedings of the second meeting of the ISSS Working Group on Soil Information Systems, Varna/Sofia, Bulgaria, 30 May – 4 June 1977. Pudoc, Wageningen, p. 105-106.

Kuilenburg, J. van, 1981. Segment encoding for the production of low-cost interpretation maps. Newsletter of the ISSS Working Group on Soil Information Systems. No. 8, p. 8 e.v.

Kuilenburg, J. van, B. Bunschoten, P.A. Burrough & J. Schelling, 1981. The digital soil map, scale 1:50000 of the Netherlands. Proceedings 3rd colloque AISS, INA, Dept. des Sols, nr. 5, p. 73-86.

Schelling, J., 1981. De visie op de ontwikkeling van de kartografie vanuit de Stiboka. In: De kartering van Nederland tot het jaar 2000. Geografisch Instituut RU Utrecht. Bull. 13, p. 13 e.v.