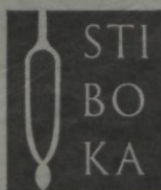


NN31396.1714

STICHTING VOOR BODEMKARTERING
WAGENINGEN

KWALITEIT VAN BODEMKAARTEN;
EEN VERGELIJKING VAN KARTERINGSMETHODEN
IN EEN ZANDGEBIED



Stichting voor Bodemkartering
Postbus 98
6700 AB Wageningen
Tel. 08370-19100

Rapport nr. 1714
Project nr. 143.10

KWALITEIT VAN BODEMKAARTEN;
EEN VERGELIJKING VAN KARTERINGSMETHODEN
IN EEN ZANDGEBIED

B.A. Marsman
J.J. de Gruijter

ISEN 90 327 0167 3

Wageningen, oktober 1982

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

Van dit rapport verschijnt als no. 15 in de serie Soil Survey Papers
een Engelse versie: B.A. Marsman and J.J. de Gruijter / Quality of
soil maps. A comparison of survey methods in a sandy area.

	Blz.
VOORWOORD	5
1 INLEIDING	7
2 DOELSTELLING VAN HET ONDERZOEK	11
3 OPZET VAN HET ONDERZOEK	13
3.1 Algemeen	13
3.2 De toegepaste karteringsmethoden	13
3.2.1 De keuze van de waarnemingspunten: gericht tegenover aselekt	14
3.2.2 Afgrenzing van kaartvlakken: landschappelijk tegenover proximal	16
3.3 Classificatiesysteem, kaartlegenda's en kaartschalen	18
3.4 De onderzochte bodemkaarten	19
3.5 Testen van de bodemkaarten	20
3.6 Schema voor de vergelijking van de karteringsmethoden	21
4 HET ONDERZOEKSGBIED	23
4.1 Ligging van het gebied	23
4.2 Geologische opbouw	23
4.3 Bodemgesteldheid	23
4.4 Landbouwgebruik en landbouwgeschiktheid	24
4.5 Keuze van het gebied	24
5 VERZAMELING EN BEWERKING VAN GEGEVENS	27
5.1 De verzameling van de bodemkundige gegevens	27
5.1.1 Gegevens voor het maken van de bodemkaarten	27
5.1.2 Gegevens voor het testen van de bodemkaarten	28
5.2 Correctie van de testgegevens	29
5.3 Afgeleide gegevens voor het testen	30
5.3.1 Vochtleverend vermogen en verwante grootheden	30
5.3.2 De geschiktheid voor gras en rogge	31
6 KWALITEITSMATEN VOOR BODEMKAARTEN	35
6.1 Inleiding	35
6.2 Nauwkeurigheidsmaten; definitie en interpretatie	35
6.2.1 Algemeen	35
6.2.2 Partiële zuiverheden	36
6.2.3 Strikte zuiverheid	37
6.2.4 Gemiddelde zuiverheid	38
6.2.5 Standaardafwijkingen binnen kaarteenheden	39
6.2.6 Homogeniteitsindices	41
6.3 Nauwkeurigheidsmaten; statistische schattingsmethoden	42
6.3.1 Algemeen	42
6.3.2 Schatting van de zuiverheden	43
6.3.3 Schatting van de standaardafwijkingen	45
6.3.4 Schatting van de homogeniteitsindices	46
6.4 Leesbaarheid	47

	Blz.
7	RESULTATEN EN DISCUSSIE 49
7.1	De nauwkeurigheid van de bodemkaarten in het algemeen 49
7.1.1	Zuiverheidspercentages 49
7.1.2	Spreadingen van de bodemeigenschappen 51
7.1.3	Homogeniteitsindices voor de geschiktheid 52
7.2	Waardering van de karteringsmethoden 54
7.2.1	Vergelijking van bodemkaarten met variatie in één aspect van de karteringsmethode 56
7.2.1.1	Invloed van de wijze van afgrenzing op de nauwkeurigheid van bodemkaarten 56
7.2.1.2	Invloed van de keuze van waarnemingspunten op de nauwkeurigheid van bodemkaarten 59
7.2.2	Vergelijking van bodemkaarten met variatie in beide aspecten van de karteringsmethode 61
7.2.3	Verschillen in leesbaarheid van de bodemkaarten 62
7.2.3.1	De leesbaarheid in het algemeen 62
7.2.3.2	Invloed van aantal waarnemingen op leesbaarheid 64
7.2.3.3	Invloed van generalisatie op leesbaarheid 64
7.2.4	Vergelijking van de karteringsmethoden 64
7.3	De invloed van omzetten in een globalere classificatie en van schaalverkleining op de nauwkeurigheid van bodemkaarten 67
7.4	Discussie 69
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 83
8.1	Conclusies 83
8.2	Conclusies met beperkte strekking 86
8.3	Aanbevelingen 87
9	SAMENVATTING 89
10	LITERATUUR 93
	GLOSSARIUM 97
	GEBRUIKTE SYMBOLEN EN AFKORTINGEN 99
	DANKBETUIGING 103
	FIGUREN EN TABELLEN 105 e.v.

APPENDIX 1: Soil maps based on different survey methods

AANVULLINGEN 1 EN 2: Nederlandse legenda van Appendix 1

VOORWOORD

De karteringsmethode die bij de Stichting voor Bodemkartering (Stiboka) wordt toegepast is sedert de oprichting van het instituut alleen ingrijpend veranderd op het punt van het grondwater. Weliswaar is er onderzoek verricht naar allerlei veldbodembondkundige aspecten, maar de karteringsmethode als zodanig is gedurende tientallen jaren niet onderwerp van onderzoek geweest.

De belangstelling voor het onderwerp is gestimuleerd door het contact met Stein W. Bie, die voor zijn promotie-onderzoek bij Beckett aan de Universiteit van Oxford contact met Stiboka zocht.

De volgende stap was, dat Stiboka ging meewerken aan het Oxfordshire-project, waarin op één bepaald gebied een groot aantal karteringsmethoden werd beproefd en de karteringsresultaten op hun nauwkeurigheid werden getest. B.A. Marsman van Stiboka voerde hierbij de vrije kartering uit. Aldus geraakte hij zo nauw betrokken bij het onderzoek, dat het onderwerp zijn voortdurende belangstelling wekte.

Intussen had J.J. de Gruijter zijn proefschrift over numerieke classificatiemethoden voltooid en was ook hij toe aan een volgende stap in het onderzoek, waarbij het voor de hand lag om van de bodemclassificatie over te stappen naar de bodemkaart.

Samen met Stein Bie, die intussen bij Stiboka in dienst was getreden, en met inspraak van een grote groep medewerkers werd vervolgens het onderzoekproject opgezet dat onderwerp van deze publicatie is. Doordat er hoge eisen werden gesteld aan de methode van onderzoek, en men naast meer traditionele maatstaven ook de bodemgeschiktheid als criterium wilde toepassen, is het project tot grote afmetingen uitgegroeid. Daardoor heeft zowel de verwerking van de gegevens als de rapportering veel tijd gevergd. Het grote doorzettingsvermogen van B.A. Marsman heeft de groep in staat gesteld het project tot een goed einde te brengen. Zijn taken als projectleider hielden onder meer in het in overleg met andere specialisten uitwerken van de opzet van het experiment, coördineren van het veldwerk, invoer en verwerking van de gegevens, en het schrijven van het overgrote deel van het rapport. J.J. de Gruijter was met name verantwoordelijk voor de statistische aspecten van opzet en analyse van het experiment; hij schreef hoofdstuk 6.

Het is voor Stiboka van groot belang, dat de eerste stap op dit terrein is gezet. De doelstelling van het vervaardigen van bodemkaarten die goed bruikbaar zijn voor de praktijk, kan alleen worden gerealiseerd wanneer Stiboka haar eigen werkmethoden steeds kritisch begeleidt en niet schroomt om, waar nodig, verbeteringen aan te brengen.

Het entameren en begeleiden van dit onderzoek werd met enthousiasme verricht door de adjunctdirecteur J. Schelling.

De directeur,

R.P.H.P. van der Schans

1 INLEIDING

In de laatste decennia is het onderzoek in de veldbodemkunde vooral gericht geweest op het ontwerpen van classificatiesystemen. Daarbij viel er een duidelijke ontwikkeling te onderkennen van beschrijvende, fysiografische systemen naar systemen, die gebaseerd zijn op morfometrisch gedefinieerde bodemeigenschappen. (Soil Survey Staff, 1975; F.A.O., 1974; Avery, 1980; De Bakker en Schelling, 1966). Een bodemclassificatie heeft niet alleen als doel het benoemen en ordenen van individuele bodems, maar dient tevens als basis voor het maken van bodemkaarten (De Bakker, 1970). Sinds het begin van de jaren zeventig is het onderzoek zich meer en meer gaan richten op de nauwkeurigheid van de op deze morfometrische classificaties gebaseerde bodemkaarten.

Er is al vrij veel onderzoek gedaan naar de nauwkeurigheid van bodemkaarten, vooral in Engeland, de Verenigde Staten en Canada. Oorspronkelijk werd het onderzoek vooral gericht op de zuiverheid van de kaart; nagegaan werd in hoeverre de inhoud van de kaartvlakken voldeed aan de in de kaartlegenda gestelde eisen. In een later stadium werd ook de homogeniteit van de onderscheiden kaarteenheden onderzocht. Een overzicht van de belangrijkste onderzoeken en een bespreking van de onderzoeksresultaten worden gegeven door Beckett and Webster (1971) en door Western (1978).

De grotere aandacht voor het onderzoek naar de nauwkeurigheid van bodemkaarten vloeit logischerwijze voort uit de morfometrie van de classificatiesystemen. Zodra bodemkaarten worden gemaakt op basis van morfometrisch gedefinieerde criteria, ontstaat er behoefte aan informatie over de nauwkeurigheid van de met die criteria gemaakte bodemkaarten. Dit wordt nog versterkt door een toenemende verfijning bij het definiëren van de taxonomische eenheden. Deze grotere verfijning heeft volgens sommige onderzoekers tot gevolg, dat een belangrijk deel van de op bodemkaarten afgegrensde eenheden in feite complexe eenheden zijn (Amos and Whiteside, 1975). De ontwikkeling van morfometrisch gedefinieerde criteria biedt bovendien goede mogelijkheden tot kwantificering bij het nauwkeurigheidsonderzoek.

Zoals gezegd, werden de bodemkaarten aanvankelijk vooral onderzocht op de mate waarin zij voldoen aan de in de legenda gestelde eisen. Echter steeds meer wint de overtuiging veld, dat niet zo zeer deze kaartzuiverheid, maar meer nog de nauwkeurigheid voor de toepassingen (geschiktheidsbeoordelingen e.d.) de waarde van de bodemkaart bepaalt (Bie, 1972; Soil Survey Staff, 1975, blz. 407-410; Webster, 1977). In dit project zijn dan ook veel gegevens verzameld, die informatie verstrekken over deze laatste soort van nauwkeurigheid.

Bij de Stichting voor Bodemkartering werd in het begin van de jaren zeventig begonnen met enig oriënterend onderzoek naar de zuiverheid van enkele belangrijke kaarteenheden (Van der Voort, 1974). In 1975 is gestart met een gericht onderzoek naar de nauwkeurigheid van het meest voorkomende type bodemkaarten. In dit rapport wordt verslag gedaan van dit onderzoek.

Doelstelling van het onderzoek is het verkrijgen van informatie over de kwaliteit van bodemkaarten, zowel van kaarten, gemaakt volgens de gebruikelijke karteringsmethode als van kaarten, vervaardigd volgens alternatieve karteringsmethoden (hfdst. 2). De toegenomen mogelijkheden voor automatisering, zowel bij het vervaardigen van de kaart als bij de verwerking door opdrachtgevers, zouden aanleiding kunnen geven tot het wijzigen van de gebruikelijke karteringsmethode. Alvorens hiertoe kan worden overgegaan, dient de invloed die deze wijzigingen hebben op de kwaliteit van de kaart, te worden onderzocht. De resultaten van het onderzoek moeten tevens antwoord geven op de vraag, welke mogelijkheden er zijn voor het verbeteren van de kwaliteit van de kaart.

De opzet van het onderzoek wordt behandeld in hoofdstuk 3. Onderzocht zijn zes bodemkaarten van hetzelfde gebied (gebied A) op schaal 1 : 50 000 met de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, en zes bodemkaarten van een daarbinnen gelegen kleiner gebied B op schaal 1 : 10 000 met een legenda die door de Stichting voor Bodemkartering wordt gebruikt voor de karteringen in opdracht van derden. Bij de opname van de bodemkaarten zijn vier karteringsmethoden toegepast, die bestaan uit combinaties van twee alternatieven voor het kiezen van de waarnemingspunten (gericht en aselekt) en twee alternatieven voor de wijze van afgrenzing van de kaartvlakken (landschappelijk en proximal). Voor het testen van de nauwkeurigheid van de bodemkaarten zijn profielbeschrijvingen gebruikt die gemaakt zijn op aselekt gekozen waarnemingspunten. Met behulp hiervan zijn schattingen berekend voor 25 nauwkeurigheidsmaten.

Een globale beschrijving van het gekarteerde gebied wordt gegeven in hoofdstuk 4. De beschrijving heeft betrekking op de geologische opbouw, de bodemgesteldheid, het landbouwgebruik en de landbouwgeschiktheid. Tevens wordt een verantwoording gegeven van de keuze van het gebied. Daarbij wordt ingegaan op de vergelijkbaarheid van het onderzoeksgebied met andere gebieden, i.v.m. de overdraagbaarheid van de onderzoeksresultaten.

De verzameling en de bewerking van de gegevens worden behandeld in hoofdstuk 5. Er zijn gegevens verzameld voor het maken van de bodemkaarten en, apart daarvan, ook voor het testen van die kaarten. Deze gegevens berusten op veldschattingen. De waarnemingen, die gebruikt werden voor het testen van de kaarten (testwaarnemingen) zijn gecorrigeerd op de systematische schattingsfouten van de waarnemers. Tevens zijn van de verzamelde testwaarnemingen aanvullende gegevens afgeleid voor het vochtleverend vermogen en een aantal hieraan verwante grootheden. Bovendien zijn uit de testwaarnemingen geschiktheidsklassen voor rogge en gras afgeleid voor de betreffende profielen. Er wordt een verantwoording gegeven van de toegepaste berekeningswijzen, alsmede een beschrijving van de gebruikte geschiktheidsclassificaties.

Een overzicht van de gebruikte nauwkeurigheidsmaten en de statistische schattingsmethoden wordt gegeven in hoofdstuk 6. Elk van de onderzochte bodemkaarten wordt beoordeeld op de 25 nauwkeurigheidsmaten. Het betreft 7 zuiverheidsmaten, 2 homogeniteitsindices voor de landbouwgeschiktheid en de standaardafwijkingen van 16 verschillende bodemeigenschappen.

Tevens werden de kaarten beoordeeld op leesbaarheid, waarbij het aantal kaarteenheden, het aantal kaartvlakken en de gemiddelde oppervlakte per kaartvlak als parameters worden gebruikt.

De resultaten van het onderzoek worden behandeld in hoofdstuk 7. Eerst wordt een overzicht gegeven van het algemene niveau van de verschillende nauwkeurigheidsmaten. De waardering voor de onderzochte karteringsmethoden vindt plaats op grond van paarsgewijze vergelijkingen van de verschillende bodemkaarten. Hieruit kan zowel de invloed van de karteringsmethode als de invloed van de afzonderlijke aspecten van die karteringsmethode op de kwaliteit van de kaart worden afgeleid. Bij de waardering van de karteringsmethoden wordt onderscheid gemaakt tussen een waardering die alleen gebaseerd is op de nauwkeurigheidsmaten en een waardering waarbij zowel de nauwkeurigheid als de leesbaarheid wordt betrokken. Het hoofdstuk wordt besloten met een discussie van de resultaten van het onderzoek.

De conclusies van het onderzoek (hfdstk. 8) zijn vervat in een aantal punten. Achterin het rapport zijn een glossarium en een lijst van gebruikte symbolen opgenomen. Ook zijn daar alle figuren en tabellen ondergebracht. Gezien de vele figuur- en tabelverwijzingen in het rapport vergemakkelijkt dit het opzoeken. Voorts is een Appendix toegevoegd van zes van de onderzochte bodemkaarten met de bijbehorende kaartlegenda's.

De tekst van dit rapport is vrijwel gelijk aan die in Soil Survey Papers, no. 15: Quality of soil maps; a comparison of survey methods in a sandy area. In dit rapport is evenwel de paragraaf in hoofdstuk 7 over de betrouwbaarheid van de resultaten niet opgenomen. De Appendix bij dit rapport is aangevuld met de Nederlandse benamingen van de op de onderzochte bodemkaarten voorkomende legenda-eenheden.

2 DOELSTELLING VAN HET ONDERZOEK

Het vervaardigen van bodemkaarten is een belangrijke activiteit van vele bodemkundige instituten. Veel onderzoek is verricht voor het opstellen van classificatiesystemen en het ontwerpen van legenda's voor bodemkaarten. Ook aan de toepassing van kaarten is veel aandacht besteed, vooral aan de toepassing voor landbouwkundige doeleinden, onder meer door het ontwerpen van systemen voor de geschiktheidsclassificatie. Daarentegen is er, met name in Nederland, nog weinig onderzoek gedaan naar de kwaliteit van bodemkaarten. De kennis hiervan berust hoofdzakelijk op een aantal lokale onderzoeken naar de nauwkeurigheid van daarvoor speciaal vervaardigde bodemkaarten. In veel bodemkarteringsrapporten wordt dan ook geen informatie verstrekt over de nauwkeurigheid of blijft de informatie beperkt tot een zeer globale indicatie.

Om tot verbetering van de kwaliteit van bodemkaarten te komen is het noodzakelijk de kwaliteit van de huidige kaarten te kennen. Onderzoek zal moeten uitwijzen op welke punten kwaliteitsverbetering het meest urgent is en hoe die kan worden bereikt.

Het onderzoek is in eerste instantie bedoeld om vast te stellen welke invloed verschillende karteringsmethoden hebben op de kwaliteit. In de praktijk worden voor het maken van bodemkaarten verschillende methoden gebruikt. Traditie en ervaringen die met een bepaalde karteringsmethode zijn opgedaan, maar ook factoren als kaartschaal, doel van de kartering en vakbekwaamheid van het karteringspersoneel kunnen van invloed zijn op de keuze van de karteringsmethode. Uiteraard spelen bij de keuze tevens de kosten en de beschikbare tijd een rol.

De wenselijkheid van onderzoek naar de invloed van de verschillende karteringsmethoden op de kwaliteit wordt nog versterkt door de toenemende automatisering, zowel bij de vervaardiging van de kaart als bij de verwerking door opdrachtgevers. Zolang nog weinig bekend is van de invloed van karteringsmethoden op de nauwkeurigheid van bodemkaarten is een doelmatige keuze niet mogelijk.

Uit dit soort onderzoeken kunnen ook aanwijzingen worden verkregen of door wijziging van de in de classificaties gehanteerde criteria of door wijziging van de klasseindeling van die criteria een kwaliteitsverbetering van de kaarten kan worden bereikt. Daarnaast kunnen de resultaten van een dergelijk onderzoek worden gebruikt voor het verstrekken van indicaties over de betrouwbaarheid van de kaarten. Dit maakt het voor de kaartgebruiker mogelijk te beoordelen of, en in welke mate een kaart bruikbaar is voor de door hem gewenste toepassing.

Samengevat zijn de doelstellingen van het onderhavige onderzoeksproject:

- a. het vaststellen van de kwaliteit van bodemkaarten, gemaakt volgens de huidige karteringsmethode en drie alternatieve karteringsmethoden,
- b. het nagaan van de mogelijkheden om de kwaliteit van de bodemkaart te verbeteren door wijziging van de karteringsmethode.

Verwacht mag worden dat de resultaten van het onderzoek tevens zullen uitwijzen of en in hoeverre de nauwkeurigheid van bodemkaarten kan worden verbeterd door wijzigingen in het toegepaste classificatiesysteem of de kaartlegenda's.

3 OPZET VAN HET ONDERZOEK

3.1 Algemeen

Van het onderzochte gebied is een aantal bodemkaarten gemaakt, waarbij verschillende karteringsmethoden zijn toegepast. Van een gebied met een oppervlakte van 1600 ha zijn zes bodemkaarten gemaakt op schaal 1 : 50 000 met de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Bovendien zijn van een gedeelte van dit gebied, groot 400 ha, eveneens zes bodemkaarten gemaakt op schaal 1 : 10 000 met de meer gedetailleerde legenda, die door de Stichting voor Bodemkartering wordt gebruikt voor de karteringen in opdracht van derden (par. 3.4).

De toegepaste karteringsmethoden onderscheiden zich van elkaar door de manier waarop de waarnemingspunten worden gekozen en/of de wijze waarop de kaartvlakken worden afgegrensd. Twee manieren voor het kiezen van de waarnemingspunten en twee manieren voor de wijze van afgrenzing zijn gecombineerd tot vier verschillende karteringsmethoden (par. 3.2).

De bodemkaarten zijn getest op hun nauwkeurigheid. Voor dat doel zijn profielbeschrijvingen gemaakt bij een groot aantal aselekt gekozen punten in het gebied. Het betreft een gestratificeerde steekproef, waarbij voor de stratificering beide gebieden zijn verdeeld in 64 vierkante strata (fig. 2). De voor het testen van de kaarten gebruikte gegevens zijn gecorrigeerd op systematische schattingsfouten van de waarnemer (par. 5.2). In totaal zijn 25 nauwkeurigheidsmaten gebruikt, die voor een deel rechtstreeks afkomstig zijn van de testgegevens en voor een ander deel daaruit zijn afgeleid (par. 5.3). Het betreft 7 zuiverheidsmaten die informatie verstrekken over de nauwkeurigheid waarmee de op de kaarten onderscheiden bodems voldoen aan de in de legenda gestelde eisen en 18 nauwkeurigheidsmaten die betrekking hebben op de homogeniteit van de op de bodemkaarten onderscheiden kaart-eenheden. Van die 18 hebben er 16 betrekking op de homogeniteit van bodemeigenschappen en 2 op de homogeniteit van de geschiktheid voor 2 landbouwkundige gebruiksmogelijkheden.

De waardering van de gebruikte karteringsmethoden kwam tot stand door vergelijking van de waarden van de nauwkeurigheidsmaten die voor de bodemkaarten werden berekend (par. 7.2). Door paarsgewijze vergelijking van bepaalde bodemkaarten is tevens de invloed van aspecten van de karteringsmethode op de nauwkeurigheid van de bodemkaart gemeten.

De opzet van het onderzoek is schematisch weergegeven in figuur 1.

3.2 De toegepaste karteringsmethoden

Voor het maken van bodemkaarten worden verschillende karteringsmethoden gebruikt. In dit onderzoek worden enkele karteringsmethoden bestudeerd, die zich van elkaar onderscheiden door de keuze van de waarnemingspunten en de wijze van afgrenzing van de kaartvlakken.

Hoofdbestanddelen van iedere karteringsmethode zijn:

- a. definiëren van klassen van bodemprofielen (classificatiesysteem, kaartlegenda),
- b. waarnemingen doen aan bodemprofielen in het te karteren gebied,
- c. afgrenzen en benoemen van kaartvlakken, corresponderende met de gedefinieerde klassen (a), uitsluitend of ten dele gebaseerd op de verrichte waarnemingen (b).

Ten aanzien van elk van deze bestanddelen zijn verschillende keuzen mogelijk, die dan tot verschillende bodemkaarten zullen leiden.

Wat betreft a zal in dit onderzoek worden uitgegaan van het door de Stichting voor Bodemkartering ontwikkelde Systeem van Bodemclassificatie van Nederland (De Bakker en Schelling, 1966). Gebruik is gemaakt van twee hieruit afgeleide kaartlegenda's, namelijk de kaartbladenlegenda voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, en een wat meer gedetailleerde legenda voor in opdracht van derden vervaardigde bodemkaarten, schaal 1 : 10 000 (par. 3.3). Het onderzoek concentreert zich geheel op b en c. Twee manieren voor het kiezen van de waarnemingspunten en twee manieren voor het afgrenzen van kaartvlakken zijn gecombineerd tot vier karteringsmethoden. Onderzocht is, welke invloed de verschillende werkwijzen hebben op het eindprodukt (i.c. de bodemkaart).

De gemaakte keuzes van de karteringsmethode zullen in de volgende paragrafen nader worden toegelicht.

3.2.1 De keuze van de waarnemingspunten: gericht tegenover aselekt

Bij elke karteringsprocedure wordt een belangrijk deel van de tijd besteed aan waarnemingen aan bodemprofielen. In Nederland gebeurt dit veelal door beschrijving van het bodemprofiel tot 1,20 m diepte op een boorstaat.

Bij waarnemingen aan bodemprofielen moeten beslissingen worden genomen over plaats en aantal van de benodigde waarnemingspunten. Bij de keuze van de plaats van deze punten kunnen twee werkwijzen worden onderscheiden die essentieel verschillend zijn: de gerichte en de aselekt keuze.

Bij de gerichte keuze wordt over plaats en aantal waarnemingen dat in een gebied zal worden verricht, beslist door de karteerder tijdens de kartering. Bij de aselekt keuze zijn plaats en dichtheid van de waarnemingen te voren vastgelegd door middel van een statistisch bemonsteringssysteem (bijv. enkelvoudig aselekt, systematisch, gestratificeerd). De karteerder kan hierop tijdens de kartering geen invloed uitoefenen.

De beide systemen van keuze van de te beschrijven bodemprofielen leiden tot verschillende verzamelingen van waarnemingspunten. Verwacht mag worden, dat deze verschillen ook aanleiding zullen geven tot verschillen tussen de ermee gemaakte bodemkaarten.

In dit onderzoek is als variant van de aselekt keuze gekozen voor een systeem van gestratificeerde aselekt bemonstering, waarbij de waarnemingsdichtheid overeenkomt met die van de gerichte keuze. Daarvoor is het onderzoeksgebied A (1 600 ha) verdeeld in 64 vierkante strata van elk 25 ha (fig. 2). Onderzoeksgebied B (400 ha) is verdeeld in 64 vierkante strata van elk 6,25 ha.

Uit de strata van gebied A en B zijn enkelvoudige aselechte steekproeven genomen van 4, resp. 9 waarnemingspunten.

Bij het systeem van de gerichte keuze van de waarnemingspunten is gekozen voor de variant die bij de "vrije kartering" (Steur, 1961) wordt toegepast. De methode van de vrije kartering wordt door de Stichting voor Bodemkartering gebruikt in de meeste karteringen. Gedurende de kartering is de plaatskeuze van elk waarnemingspunt het resultaat van een aantal ad hoc beslissingen. De belangrijkste factoren die daarbij een rol spelen zijn:

- de gebruikte bodemclassificatie,
- de kaartschaal,
- de aanwezigheid van herkenbare terreinkenmerken,
- de kennis die de karteerder heeft van de relatie tussen landschap, topografie, vegetatie enerzijds en de bodem anderzijds,
- de ingewikkeldheid van het bodempatroon,
- de mate van overeenstemming tussen de verwachting en het bij voorafgaande waarnemingspunten waargenomen.

Behalve de keuze van de plaats van de waarnemingspunten is ook het aantal waarnemingen (waarnemingsdichtheid) een belangrijk aspect bij een bodemkartering. Voor de waarnemingsdichtheid bestaan bij de Stichting voor Bodemkartering bepaalde normen. Voor kartering op schaal 1 : 50 000 wordt gestreefd naar een gemiddelde van 1 waarneming per 6 à 10 ha, overeenkomend met 2½-4 waarnemingen per cm² bodemkaart op publikatieschaal. Voor bodemkaarten op schaal 1 : 10 000 geldt 3 waarnemingen per 2 ha, overeenkomend met 1½ waarneming per cm² bodemkaart.

Bij de opzet van het onderzoek is er naar gestreefd om bodemkaarten met gerichte en die met aselechte keuze der waarnemingen een zelfde waarnemingsdichtheid te geven. Niettemin blijft er het verschil, dat bij de aselechte keuze is uitgegaan van een constante dichtheid over het gehele onderzoeksgebied. Variaties in dichtheid treden daarbij alleen op ten gevolge van het toeval, maar ze zijn beperkt gehouden door middel van stratificering. Bij de gerichte keuze bestaat er altijd een bepaalde mate van variatie in dichtheid binnen een karteringsgebied.

In het voorgaande zijn factoren genoemd die de plaatskeuze van de waarnemingspunten beïnvloeden. Deze zelfde factoren zijn ook van invloed op de waarnemingsdichtheid. Ze kunnen voor de karteerder aanleiding zijn om in het betreffende gebied of gedeelten daarvan met een geringere of grotere waarnemingsdichtheid te werken. De variatie in dichtheid bij gerichte keuze van de waarneming is mede afhankelijk van de kaartschaal. Bij kleinschalige kaarten (1 : 50 000 en kleiner) is deze variatie groter dan bij grootschalige kaarten (1 : 10 000).

Na het gereedkomen van de bodemkaarten met gerichte keuze bleek dat - wat betreft het onderzoeksgebied - bij de bodemkaart, schaal 1 : 50 000, de waarnemingsdichtheid gemiddeld groter was dan de norm, terwijl die bij de bodemkaart, schaal 1 : 10 000, daarentegen kleiner was. Om een verantwoorde vergelijking mogelijk te maken is daarom van beide kaartschalen een extra bodemkaart met aselechte keuze (fig. 3 en tabel 4) in het onderzoek opgenomen met een waarnemingsdichtheid gelijk aan die bij de bodemkaart met gerichte keuze. Een omschrijving van de series waarnemingen gebruikt voor het maken van de bodemkaarten, is weergegeven in tabel 1.

Een overzicht van alle waarnemingen die per bodemkaart gebruikt zijn voor het opnemen en voor het testen, is weergegeven in tabel 4. De hierin genoemde aantallen waarnemingspunten wijken voor sommige kaarten uit gebied B af van de aantallen genoemd in tabel 1. Dit wordt veroorzaakt doordat in totaal 41 ha niet is gekarteerd wegens bebouwing etc. De daarbinnen gelegen waarnemingspunten zijn niet gebruikt voor het maken van de betreffende bodemkaart.

3.2.2 Afgrenzing van kaartvlakken: landschappelijk tegenover proximal

Aan het maken van een bodemkaart ligt de gedachte ten grondslag dat gelijke bodemvormende factoren zullen leiden tot gelijke bodemprofielen. Hoe dichter twee punten bij elkaar liggen, des te groter is de kans dat voor beide punten de bodemvormende factoren gelijk zijn geweest. De bodemkundige variatie die in een bepaald gebied aanwezig is, ligt dan ook niet willekeurig door dat gebied verspreid. Steeds kan een bepaald bodempatroon worden herkend waarbij een groep van aan elkaar grenzende en verwante bodemprofielen volgens een bepaald systeem wordt afgewisseld door andere groepen van verwante bodemprofielen.

Op een bodemkaart wordt het te karteren gebied onderverdeeld in een aantal kaartvlakken. De karteerder tracht daarbij groepen van verwante bodemprofielen af te grenzen van andere groepen, om zo de spreiding van bodemkundige eigenschappen, zoals die aanwezig is in het gebied, terug te brengen tot een kleinere spreiding binnen de onderscheiden kaarteenheden. De kwaliteit van een bodemkaart is voor een niet onbelangrijk deel afhankelijk van de mate waarin de karteerder erin slaagt dit met succes te doen.

Bij het afgrenzen van kaartvlakken kunnen onder andere de volgende twee geheel verschillende werkwijzen worden onderscheiden:

- a. landschappelijke methoden waarbij naast de kennis, verkregen uit de beschrijving van de waarnemingspunten, gebruik gemaakt wordt van andere, vooral landschappelijke, gegevens,
- b. wiskundige methoden, waarbij voor de afgrenzing gebruik gemaakt wordt van een bepaald rekenvoorschrift en waarbij uitsluitend rekening wordt gehouden met de gegevens van de waarnemingspunten.

In dit onderzoek zijn beide methoden toegepast, om na te gaan wat de invloed hiervan is op de kwaliteit van de bodemkaart.

Bij de landschappelijke methoden van afgrenzing wordt tijdens het proces van beschrijving van waarnemingspunten bij voortduring gezocht naar de aanwezigheid van terreinkenmerken, zoals verschillen in topografie, vegetatie en percelering. Bij het afgrenzen wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de kennis van de relatie tussen de terreinkenmerken en de bodemgesteldheid. Deze kennis is gebaseerd op ervaringen opgedaan in een reeks van vergelijkbare gebieden. Een nadeel van deze methode is dat systematische afwijkingen kunnen ontstaan als veronderstelde relaties in een bepaald gebied niet of in mindere mate geldig zijn. Bovendien geven de terreinkenmerken vaak slechts indicaties over een deel van de criteria, waarmee de classificatie-eenheden zijn gedefinieerd. De overige criteria blijken dan geen of in mindere mate verband te houden met die terreinkenmerken.

Ervan uitgaande dat de veronderstelde relaties in een bepaald gebied juist zijn, heeft de methode het voordeel dat de kaartvlakken met behulp van relatief weinig waarnemingspunten kunnen worden afgegrensd (Steur, 1961).

Bij de landschappelijke methoden van afgrenzing kunnen ook andere hulpmiddelen worden ingeschakeld, zoals luchtfoto's, oude topografische kaarten, vegetatiekaarten en geologische kaarten. Bij de in dit onderzoek toegepaste methode is als hulpmiddel alleen gebruik gemaakt van de oude topografische kaart (uitgave ca. 1880).

De toepassingsmogelijkheden van dit type van afgrenzingsmethoden zijn naar verwachting groter bij kleinschalige kaarten dan bij grootschalige. Naarmate de schaal van de kaarten groter is, wordt de waarnemingsdichtheid in het terrein groter en neemt de behoefte aan terreinkenmerken en andere hulpmiddelen voor het afgrenzen af.

Als voorbeeld van een wiskundige wijze van afgrenzing is in dit onderzoek de z.g. proximal methode gekozen. Het principe van deze methode is dat elk punt in het te karteren gebied wordt toegewezen tot dezelfde classificatie-eenheid als het dichtstbij gelegen waarnemingspunt. Elk waarnemingspunt wordt daartoe in eerste instantie afzonderlijk afgegrensd door middel van het trekken van de middelloodlijnen op de verbindingslijnen tussen het betreffende waarnemingspunt en de omringende waarnemingspunten, waardoor een z.g. Thiessenveelhoek ontstaat. Deze veelhoek bevat alle punten die dicht bij het betreffende waarnemingspunt zijn gelegen dan bij enig ander waarnemingspunt (zie fig. 4). Als twee of meer aan elkaar grenzende veelhoeken aan eenzelfde classificatie-eenheid zijn toegewezen, worden deze tot één kaartvlak verenigd door het laten vervallen van de gemeenschappelijke middelloodlijn(en). De bovengenoemde Thiessenveelhoeken zijn bij dit onderzoek met de computer getekend, waarbij gebruik werd gemaakt van het programma van Green and Sibson (1978). De gemeenschappelijke middelloodlijnen werden achteraf met de hand verwijderd. Het genoemde programma werd gekozen, nadat was gebleken dat gebruikmaking van het beschikbare Symap-programma tot zeer hoge computerkosten zou leiden.

Een proximal afgrenzing is een zuiver rekentechnische handeling, die geen rekening houdt met landschappelijke kenmerken. De karteerder kan er alleen invloed op uitoefenen via de keuze van de opnamepunten. De benaming van het kaartvlak wordt uitsluitend bepaald door de eigenschappen van het bodemprofiel ter plaatse van het waarnemingspunt.

In tegenstelling tot de landschappelijke afgrenzing is het bij de proximal afgrenzing vereist dat elk waarnemingspunt wordt toegewezen aan de corresponderende classificatie-eenheid. Vervolgens wordt dit waarnemingspunt afgegrensd; hetzij afzonderlijk, hetzij in combinatie met naburige gelijknamige waarnemingspunten. Bij de landschappelijke afgrenzing heeft de karteerder de mogelijkheid om waarnemingspunten die naar zijn mening, een geringe oppervlakte vertegenwoordigen, als onzuiverheden op te nemen binnen kaartvlakken, behorende tot andere classificatie-eenheden. Verwacht mag worden dat een proximal afgrenzing zal leiden tot bodemkaarten met veel kaarteenheden en relatief kleine kaartvlakken. Om toch een realistische vergelijking met landschappelijke afgrenzing mogelijk te maken is een extra variant in het onderzoek betrokken

in de vorm van gegeneraliseerde proximal kaarten (RaPr-10,g en RaPr-50,g). De generalisatie bestond uitsluitend uit samenvoeging van kaartvlakken, waarbij overwegend complexe kaarteenheden worden gevormd. Technisch betekent dit dat uitsluitend bodemlijnen worden weggelaten en geen nieuwe bodemlijnen worden geïntroduceerd. Bij het samenvoegen hebben twee oogmerken voorop gestaan:

- a. kaartvlakken maken met een voor de betreffende kaartschaal aanvaardbare oppervlakte,
- b. kaartvlakken zodanig samenvoegen, dat binnen die vlakken de verschillen uit het oogpunt van landbouwgeschiktheid zo klein mogelijk blijven.

De benaming van de complexe kaarteenheden kwam in principe tot stand door de namen van de oorspronkelijke kaartvlakken met elkaar te combineren. In veel gevallen zou dit echter geleid hebben tot zeer lange, niet hanteerbare benamingen. In deze gevallen is een vereenvoudiging ingevoerd door de namen van één of meer kleine kaartvlakken weg te laten, althans voor zover deze samen niet meer dan 30% van het oppervlak van het complexe kaartvlak innamen.

3.3 Classificatiesysteem, kaartlegenda's en kaartschalen

In dit onderzoek zijn twee soorten legenda's toegepast:, de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (kaartbladenlegenda) en de meer gedetailleerde legenda van de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, die door de Stichting voor Bodemkartering worden vervaardigd in opdracht van derden (opdrachtenlegenda). In het navolgende zullen deze legenda's steeds worden aangeduid als classificaties (zie Glossarium). Beide classificaties zijn gebaseerd op het Systeem van Bodemclassificatie voor Nederland (De Bakker en Schelling, 1966). Dit systeem geeft een indeling voor de hogere classificatieniveaus tot en met het subgroepniveau. Voorzover dit voor het onderzoeksgebied relevant is, heeft het betrekking op de volgende processen en eigenschappen: podzolering, Al-vorming, hydro-morfie, sterke menselijke beïnvloeding, dikte Al-horizont, moerige lagen en textuurcriteria, zoals zandgronden, kleigronden, zanddek, kleidek.

Bij beide toegepaste classificaties is dit subgroepniveau uitgangspunt voor een onderverdeling op lagere niveaus. Voorzover relevant voor het onderzoeksgebied heeft deze onderverdeling betrekking op: textuur van de bovengrond (lutum- en leemgehalten, grofheid van het zand); verloop van de textuur met de diepte; zanddek-kleidek; ijzerrijke lagen; moerige lagen in de ondergrond; vergraven - afgegraven - opgehoogd - geëgaliseerd; grondwatertrappen.

Hoewel het subgroepniveau van het officiële classificatiesysteem uitgangspunt is voor beide toegepaste classificaties, is de onderverdeling bij de opdrachtenclassificatie gedetailleerder dan bij de kaartbladenclassificatie. Deze grotere gedetailleerdheid heeft betrekking op: de klasse-indeling voor leemgehalte en grofheid van het zand; dikteklassen voor Al-

horizonten; kleur en de aard van de bovengrond bij sommige gronden; ijzerrijke horizonten.

De kaartbladenclassificatie wordt gebruikt voor de systematische bodemkartering van Nederland, schaal 1 : 50 000. De opdrachtenclassificatie wordt gebruikt voor karteringen die met zeer uitéénlopende doelstellingen worden uitgevoerd in opdracht van derden. De meest gebruikte kaartschaal is 1 : 10 000, maar ook de kaartschalen 1 : 15 000 en 1 : 25 000 worden daarbij gebruikt.

In tegenstelling tot de kaartbladenclassificatie is de opdrachtenclassificatie niet geheel gefixeerd. Afhankelijk van de bodemgesteldheid van het gebied en de wensen van de opdrachtgever kan de mate van gedetailleerdheid op relevante onderdelen worden aangepast. De verschillen tussen beide classificaties leiden tot verschillen op de daarmee vervaardigde bodemkaarten. Zo worden op bodemkaarten met een kaartbladenclassificatie vaak samengestelde kaarteenheden onderscheiden. Op bodemkaarten met een opdrachtenclassificatie komen deze zelden voor.

Bij de opzet van het onderzoek is gekozen voor het betrekken van twee soorten bodemkaarten in het onderzoek, namelijk bodemkaarten op schaal 1 : 50 000 met een kaartbladenclassificatie en bodemkaarten op schaal 1 : 10 000 met een opdrachtenclassificatie. Daarbij is overwogen dat de meeste bodemkaarten die in Nederland worden gemaakt, behoren tot een van beide soorten. De verschillen in kaartschaal en niveau van classificatie zijn bovendien voldoende groot om als afzonderlijke objecten te worden onderzocht.

De bij dit verslag gevoegde Appendix bevat een overzicht van alle classificatie-eenheden die op beide soorten bodemkaarten zijn onderscheiden.

3.4 De onderzochte bodemkaarten

Er zijn 6 bodemkaarten met een kaartbladenclassificatie gemaakt van gebied A op schaal 1 : 50 000; van gebied B zijn zes bodemkaarten met een opdrachtenclassificatie gemaakt op schaal 1 : 10 000. Volgens elk van de vier karteringsmethoden is één bodemkaart gemaakt voor beide kaartschalen. Bovendien zijn om redenen van vergelijkbaarheid voor beide kaartschalen twee extra bodemkaarten aan het onderzoek toegevoegd, namelijk een gegeneraliseerde proximal-kaart (par. 3.2.2) en een proximal-kaart met een afwijkende dichtheid (par. 3.2.1).

Alle kaarten zijn aangeduid met een code waaruit de toegepaste karteringsmethode is af te leiden. Het eerste deel van de code geeft informatie over de keuze van de waarnemingspunten: gericht (purposive = Pu) of aselekt (random = Ra). Het tweede deel van de code geeft de wijze van afgrenzing weer: landschappelijk (field = Fi) of proximal (Pr).

Ter onderscheiding van de beide kaartschalen is aan de code het getal 50 toegevoegd voor kaartschaal 1 : 50 000 en 10 voor de kaartschaal 1 : 10 000. Voor de gegeneraliseerde proximal-kaarten is in de code de letter "g" opgenomen. Voor de kaarten

met een afwijkende opnamedichtheid is in de code de letter "d" gebruikt (density). De codering voor alle onderzochte bodemkaarten is opgenomen in tabel 2. De betekenis van de coderingen is opgenomen in de lijst van gebruikte symbolen.

3.5 Testen van de bodemkaarten

De nauwkeurigheid van de bodemkaarten is getest met behulp van profielbeschrijvingen die gemaakt zijn van aselekt gekozen waarnemingspunten. Deze beschrijvingen zijn niet gebruikt voor de opname van de betreffende kaart. Bij kaarten van gebied B betreft het steekproeven met dezelfde stratificering als gebruikt voor het vervaardigen van de kaart, d.w.z. 64 vierkante strata van 6,25 ha. Ook voor het testen van kaarten van gebied A is dezelfde stratificering als voor het maken van de kaart gebruikt (vierkante strata van 25 ha), echter met uitzondering van het gedeelte dat in gebied B ligt. Daar is de in dat deel aangebrachte fijnere stratificering (met strata van 6,25 ha) aangehouden. De stratificeringen zijn aangegeven in figuur 2.

Profielbeschrijvingen voor het testen van de bodemkaarten zijn gemaakt van de in tabel 3 genoemde series waarnemingspunten (testseries). Voor het testen zijn evenwel niet uitsluitend de in tabel 3 genoemde waarnemingen gebruikt. In principe zijn alle beschikbare aselekt gekozen waarnemingspunten gebruikt, voorzover deze niet hebben gediend voor de opname van de betreffende bodemkaart. Het aantal gebruikte testwaarnemingen wisselt dan ook sterk per bodemkaart. Zo zijn voor het testen van bodemkaarten uit gebied A niet alleen testboringen van de serie A3 gebruikt, maar ook de aselechte waarnemingen van de series B2 en B3 (tabel 4) die afkomstig zijn uit het binnen gebied A gelegen gebied B. Omgekeerd zijn voor het testen van bodemkaarten uit gebied B ook aselechte profielbeschrijvingen gebruikt van de series A2 en A3, voorzover deze binnen gebied B zijn gelegen. Een overzicht van de per bodemkaart gebruikte series of deelseries van waarnemingen voor het testen en hun aantallen zijn weergegeven in tabel 4.

Er moet met nadruk op worden gewezen, dat er een verschil bestaat tussen aselekt gekozen profielbeschrijvingen die voor de opname van een bodemkaart en die voor het testen van een bodemkaart worden gebruikt. De profielbeschrijvingen zijn alle gebaseerd op veldschattingen. Door zowel toevallige als systematische schattingsfouten zullen de geschatte waarden afwijken van de werkelijke waarden. Daarom zijn voor een aantal eigenschappen de geschatte waarden gecorrigeerd op systematische schattingsfouten van de karteerder. Dit is gedaan door berekening van het verband tussen veldschattingen en laboratoriumbepalingen bij dertig bodemmonsters. Deze correctie wordt behandeld in par. 5.2. Hier wordt volstaan met aan te geven dat van elke aselekt gekozen profielbeschrijving (series A2, A3, B2 en B3) 2 versies bestaan: de niet-gecorrigeerde profielbeschrijving en de op systematische schattingsfouten gecorrigeerde profielbeschrijving. Ter onderscheiding van beide versies is aan de code van de gecorrigeerde waarnemingsseries steeds de letter "c" toegevoegd. Voor het testen van de bodemkaarten worden uitsluitend de

gecorrigeerde profielbeschrijvingen gebruikt. Voor het maken van de bodemkaarten zijn steeds niet-gecorrigeerde waarnemingen gebruikt.

3.6 Schema voor de vergelijking van de karteringsmethoden

In principe kunnen de nauwkeurigheden van alle in tabel 4 genoemde bodemkaarten met elkaar worden vergeleken. Maar het vergelijken van alle paren van bodemkaarten is niet in gelijke mate interessant. Bij sommige paren van bodemkaarten hebben de onderlinge verschillen slechts betrekking op één aspect, bij andere paren betreft dat twee of meer aspecten. Als bij vergelijking slechts één aspect varieert, kunnen de verschillen in nauwkeurigheid worden beschouwd als te zijn veroorzaakt door het verschil in het betreffende aspect. Bij variatie van twee of meer aspecten zijn de aange troffen verschillen in nauwkeurigheid het gevolg van de verschillen in al die aspecten gezamenlijk, zonder dat de invloed van de afzonderlijke aspecten kan worden gekwantificeerd. Bovendien komen er tussen bepaalde paren bodemkaarten ook nog andere verschillen voor, zoals generalisatie (par. 3.2.2) en verschillen in waarnemingsdichtheid (par. 3.2.1). Aangezien de bodemkaarten gemaakt zijn door verschillende karteerders, is in elk van de kaarten ook de invloed van de individuele karteerder aanwezig. Dit geldt niet alleen voor systematische schattingsfouten, maar ook voor de eventuele individuele benadering bij de keuze van de plaats der waarnemingspunten en bij het afgrenzen en het benoemen van kaartvlakken. De invloed van de individuele karteerder op de gemaakte bodemkaarten kan bij deze opzet van het onderzoek evenwel niet worden gemeten.

Een vereiste voor het interpreteren van verschillen in nauwkeurigheid is dat de betreffende bodemkaarten in slechts één of twee aspecten verschillen en voor de overige aspecten zoveel mogelijk gelijkwaardig zijn. Daarom is afgezien van het vergelijken van bodemkaarten van gebied A met bodemkaarten van gebied B. Eventuele verschillen in nauwkeurigheid kunnen hier immers veroorzaakt zijn door verschillen in bodemgesteldheid, kaartschaal, waarnemingsdichtheid en mate van gedetailleerdheid van de gebruikte classificatie.

Figuur 3 en tabel 5 geven een overzicht van de paren bodemkaarten die met elkaar zijn vergeleken en van de aspecten waarin deze paren van elkaar verschillen.

4 HET ONDERZOEKSGBIED

4.1 Ligging van het gebied

Het onderzoeksgebied ligt ten noorden van het dorp Laren (Gld.) in een zwak golvend dekzandlandschap met een zwakke algemene ter-reinhelling van OZO ($\pm 12,50$ m +NAP) naar WNW ($\pm 9,50$ m +NAP). Het bestaat uit een gebied A, groot 1600 ha en het daarbinnen gelegen gebied B van 400 ha (fig. 5). Van het gebied A zijn bodemkaarten op schaal 1 : 50 000 gemaakt. Ter wille van tijdsbesparing zijn op schaal 1 : 10 000 alleen bodemkaarten gemaakt van het kleinere gebied B.

4.2 Geologische opbouw

Het aan de oppervlakte liggende dekzand is eolisch materiaal, dat is afgezet in het Pleistoceen. De lemigheid varieert van zwak lemig tot lemig en de grofheid van zeer fijn tot matig fijn. De mediaan van de zandfractie (M50) varieert van 130 tot 160 μm .

De dikte van het dekzandpakket loopt uiteen van ruim 1 meter tot enkele meters. De dikste pakketten liggen op de ruggen en plateaus. Meestal bestaan deze uit een laag jong dekzand, rustend op oud dekzand. In de laaggelegen gebieden is het dekzandpakket het dunst. Het jonge dekzand ontbreekt hier meestal, zodat het oude dekzand aan het oppervlak ligt. Onder het dekzandpakket komen grindhoudende grove zanden voor, die zijn afgezet door het vlechtende riviersysteem van de Rijn (Formatie van Kreftenheije). Holocene afzettingen zijn slechts plaatselijk aanwezig. Het betreft voornamelijk lutumhoudende beekbezinking (Formatie van Singraven), meestal slechts enkele decimeters dik.

In de laagst gelegen delen van het gebied hebben zich plaatselijk moerige lagen gevormd. Op enkele van de hoogst gelegen terreindelen wordt stuifzand aangetroffen (Formatie van Kootwijk).

4.3 Bodemgesteldheid

Het bodempatroon van het onderzoeksgebied is typerend voor dekzandgebieden. Op de hogere gronden, voor zover die reeds vóór 1880 in cultuur waren, komen voornamelijk enkeerdgronden, kamp-podzolgronden en laarpodzolgronden voor (fig. 6). Deze hogere gronden zijn meestal gelegen naast of in de nabijheid van doorlopende laagten, die gefunctioneerd hebben als natuurlijk afwateringssysteem van het gebied. In deze lage stroken liggen chemisch rijkere gronden die al vóór de invoering van de kunstmest in gebruik waren als natuurlijk grasland (fig. 6). In deze stroken worden overwegend beekeerdgronden en vlakvaaggronden aangetroffen.

Een belangrijk deel van de zandgronden was vóór 1880 nog begroeid met heide en voor een kleiner deel met naalldhout (fig. 6).

Deze gronden waren in gezamenlijk gebruik voor het houden van schapen en het steken van heideplaggen. De plaggen werden gebruikt als strooisel in potstallen en schaapskooien, waarna het bouwland ermee werd bemest (Domhof, 1953). Door deze bemestingsmethode zijn de eerder genoemde enkeerdgronden, kamppodzolgronden en laarpodzolgronden ontstaan. De woeste gronden zijn na de invoering van de kunstmest geleidelijk ontgonnen. In de jonge ontginningsgebieden komen vooral veldpodzolgronden voor, die afhankelijk van hun ligging ten opzichte van het grondwater kunnen worden onderverdeeld in natte veldpodzolgronden (Gt III, V), vochtige veldpodzolgronden (Gt V* en VI) en droge veldpodzolgronden (Gt VII en VII*). Op de hoogste terreindelen binnen het jonge ontginningslandschap komen haarpodzolgronden en plaatselijk duinvaaggronden voor.

4.4 Landbouwgebruik en landbouwgeschiktheid

Zoals in de meeste zandgebieden overheerste in het onderzoeksgebied oorspronkelijk het kleine gemengde landbouwbedrijf, dat de lagere en middelhoge gronden als grasland en de hooggelegen gronden als bouwland gebruikte. Tegenwoordig is het gebied echter overwegend in gebruik als grasland met verspreid voorkomende percelen bouwland, voornamelijk voor de teelt van snijmaïs. Bos komt voornamelijk voor in het zuidoostelijke deel van het gebied; het bestaat overwegend uit naalddhout.

De gronden in het onderzoeksgebied bestaan uit chemisch arme zanden. In de meeste jaren is er voor de gewassen een aanzienlijk tekort aan neerslag gedurende het groeiseizoen (par. 5.3.1). Daarom wordt de landbouwkundige waarde van de gronden vooral bepaald door de hoeveelheid voor de plant beschikbaar vocht in de bewortelbare zone en de diepte van de grondwaterstand.

De diepte van het grondwater varieert vrij sterk. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door verschillen in hoogteligging op korte afstand. In de zomer bevinden de grondwaterstanden zich in de laagst gelegen delen op 0,70 - 1 m en in de hoogst gelegen gedeelten op ongeveer 3,50 m beneden maaiveld. De voorjaarsgrondwaterstanden liggen globaal 1 m boven het niveau van de zomergrondwaterstand.

De diepte van de grondwaterstand wordt op de bodemkaarten aangegeven door middel van een grondwaterklassenindeling (Van Heesen, 1970). Deze maakt deel uit van de beide gebruikte classificaties (zie Appendix 1). Onderscheiden worden de klassen I t/m VII, die successievelijk een afnemende grondwaterinvloed aangeven.

4.5 Keuze van het gebied

De verzameling van gegevens voor een onderzoek als het onderhavige is veelomvattend. Van het onderzoeksgebied moesten bodemkaarten worden gemaakt volgens verschillende karteringsmethoden, waarbij het maken van de ene kaart de vervaardiging van de andere

niet mag beïnvloeden. Om redenen van beschikbare mankracht en tijd mocht het onderzoeksgebied geen grote oppervlakte beslaan. Dit bezwaar is ondervangen door een onderzoeksgebied te kiezen dat qua bodemkundige opbouw representatief is voor andere zandgebieden. In figuur 7 zijn de ligging van het onderzoeksgebied en de globale verbreiding van de pleistocene zandgronden in Nederland weergegeven. Het overgrote deel van deze gronden bestaat uit fijnzandig dekzand. De gronden in het onderzoeksgebied bestaan uitsluitend uit dat materiaal. Niet alleen in geologische, maar ook in bodemkundige zin kan het onderzoeksgebied worden beschouwd als representatief voor de Nederlandse dekzandgebieden. Zowel de voorkomende grondsoorten als de oppervlakteverhoudingen van de belangrijkste classificatie-eenheden komen vrij goed overeen met wat elders in de dekzandgebieden wordt aangetroffen.

Een belangrijk argument voor de keuze van het onderzoeksgebied is ook geweest het beschikbaar zijn van twee recente bodemkaarten, opgenomen volgens de bij de Stichting voor Bodemkartering gangbare methode van de vrije kartering. Het betreft hier de bodemkaart van de Ruilverkaveling Laren (Gld.) op schaal 1 : 10 000 (Groot Obbink, 1976) en de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, Kaartblad 34 West en Oost (Stichting voor Bodemkartering, 1979a). Het veldwerk voor de bodemkaart op schaal 1 : 50 000 was, wat het onderzoeksgebied betreft, bij de aanvang van dit onderzoek al gereed. De bodemkaart op schaal 1 : 10 000 is opgenomen in de zomer van 1975, bij de aanvang van dit onderzoek.

5 VERZAMELING EN BEWERKING VAN GEGEVENS

5.1 De verzameling van de bodemkundige gegevens

De verzameling van gegevens van dit onderzoek was omvangrijk en complex. Behalve voor het maken van de bodemkaarten, moesten ook gegevens verzameld worden voor het testen van de kaarten op nauwkeurigheid. Er moet dan ook onderscheid gemaakt worden tussen opnamegegevens en testgegevens. Voor het testen worden namelijk naast gelijksoortige gegevens als voor het maken van de kaarten, ook andere gegevens verzameld. Bovendien ondergaan de testgegevens bewerkingen voor het corrigeren op systematische schattingsfouten en voor het afleiden van een aantal nauwkeurigheidsmaten.

5.1.1 Gegevens voor het maken van de bodemkaarten

Voor het vervaardigen van de bodemkaarten zijn van alle waarnemingspunten profielbeschrijvingen gemaakt, nadat boringen tot 120 cm diepte waren verricht. De aard, dikte en diepte van de waargenomen horizonten zijn beschreven. Tevens zijn van elke horizont de geschatte waarden van humus-, lutum- en leemgehalte en de grofheid van het zand genoteerd.

Met behulp van deze en sommige andere gegevens, zoals homogeniteit, kleur en vlekken, zijn de beschreven bodemprofielen getoetst aan de voor de gebruikte classificatie geldende differentiërende kenmerken en diagnostische horizonten, en vervolgens geclassificeerd. Relevante differentiërende kenmerken en diagnostische horizonten voor het classificeren in het onderzoeksgebied zijn: minerale eerdlaag, moerige bovengrond, moerige tussenlaag, dikke en matig dikke Al, duidelijke podzol-B, hydromorfe kenmerken, menselijke invloed, zanddek, kleidek, zandgronden, kleigronden en moerige gronden.

Bovendien zijn bij iedere profielbeschrijving de bewortelingsdiepte en de grondwaterklasse aangegeven. De grondwaterklasse werd afgeleid uit schattingen van de gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) (Van Heesen, 1970). De schattingen van de GLG zijn voornamelijk gebaseerd op de diepte en de intensiteit van roest- en reductieverschijnselen, de aanwezigheid of het ontbreken van vlekken en de ontwikkeling van het bodemprofiel.

Ter ondersteuning van de schattingen in het veld is gebruikgemaakt van een aantal monsters waarvan de humus-, lutum- en leemgehalten en de grofheid van het zand in het laboratorium zijn bepaald. Voorts waren waterstandsgegevens beschikbaar van enkele waterstandsbuizen in het onderzoeksgebied. In deze buizen is de grondwaterstand eens per veertien dagen gemeten gedurende een reeks van jaren. De relatie tussen de diepte van de gleyverschijnselen ter plaatse van de buizen en de uit de gegevens berekende GHG en GLG diende als ondersteuning van de GHG- en GLG-schattingen van de beschreven bodemprofielen.

5.1.2 Gegevens voor het testen van de bodemkaarten

Gegevens voor het testen van de bodemkaarten zijn verzameld op de plaats van een groot aantal aselect gekozen waarnemingspunten (testgegevens; par. 3.5). Daarbij zijn dezelfde gegevens verzameld en is dezelfde werkwijze toegepast als voor de waarnemingspunten voor het maken van de kaarten (par. 5.1.1). Bovendien zijn aanvullende gegevens verzameld om de testgegevens te kunnen corrigeren op systematische schattingsfouten (par. 5.2).

De aanvullende gegevens werden verkregen door:

- het verrichten van schattingen door de karteerders in alle horizonten, voorkomende in daarvoor uitgezochte profielkuilen,
- het in duplo bemonsteren van de desbetreffende horizonten ter verificatie van de geschatte grootheden in het laboratorium,
- het periodiek meten van grondwaterstanden bij 64 waarnemingspunten, die aselect zijn gekozen uit het totaal van alle voor het testen te gebruiken waarnemingspunten,
- het verzamelen van gedetailleerde hoogtecijfers van het gehele gebied.

Bovendien werden van de voor het testen te gebruiken waarnemingspunten met relatief diepe grondwaterstanden aanvullende gegevens verzameld over de grondwaterstanden. Deze aanvulling was noodzakelijk voor het afleiden van een aantal belangrijke nauwkeurigheidsmaten uit de testgegevens. De profielbeschrijvingen van de waarnemingspunten beperken zich namelijk tot een diepte van 120 cm. In de relatief hooggelegen gronden ligt het niveau van de GLG en soms ook van de GHG evenwel beneden deze diepte. Voor de karteringen wordt dan volstaan met de notatie ">120". Voor het berekenen van het vochtleverend vermogen (par. 5.3.1) en het berekenen van de spreiding van sommige bodemeigenschappen (par. 6.2.5) is het echter noodzakelijk om de absolute diepte te kennen.

Uit de gegevens van de 64 punten met periodieke meting van het grondwater is gebleken, dat het grondwaterregiem in het gehele onderzoeksgebied zeer uniform is. Door omrekening van de GLG-waarden in hoogtecijfers ten opzichte van NAP ontstaat een regelmatig vlak met een helling van gemiddeld 20 cm per kilometer, afhellend van OZO naar WNW. Dit maakt het mogelijk een isohypsenkaart van het GLG-niveau te maken met intervallen van 10 cm. Hieruit kan de GLG voor elk waarnemingspunt vrij nauwkeurig worden afgeleid.

Deze methode is niet bruikbaar voor de afleiding van diepere GHG-waarden (>120 cm). Uit de metingen is namelijk gebleken, dat het GHG-niveau veel minder regelmatig is dan het GLG-niveau. Omgerekend in hoogtecijfers t.o.v. NAP is er ook bij het GHG-niveau een globale helling van OZO naar WNW, maar op korte afstanden komen er allerlei afwijkingen voor. De diepte van de GHG wordt mede beïnvloed door lokale verschillen in relatieve hoogteligging en ontwateringstoestand.

Voor de afleiding van de diepere GHG's is daarom gebruik gemaakt van de fluctuaties (het verschil tussen GLG en GHG), welke bekend zijn van de 64 meetpunten. Bij ieder waarnemingspunt wordt de afgeleide waarde van de GLG verminderd met een variabele waarde van de fluctuatie. Aan waarnemingspunten op plaatsen met een goede ontwatering of op relatief laag gelegen plaatsen wordt een geringere

fluctuatie toegekend dan aan andere waarnemingspunten. De toegekende fluctuatiewaarden zijn gebaseerd op metingen bij de 64 meetpunten; ze variëren tussen 65 en 100 cm.

5.2 Correctie van de testgegevens

De gegevens voor het testen van de bodemkaarten zijn gebaseerd op schattingen in het veld. De geschatte waarden bevatten ook de toevallige en systematische schattingsfouten van de desbetreffende karteerder. Bovendien zijn de profielbeschrijvingen voor de aselechte series A2 en A3 door andere karteerders verzameld dan die voor de series B2 en B3. Verwacht mag dus worden, dat de toevallige en systematische schattingsfouten bij de A-series en de B-series niet gelijk zijn.

Als testgegevens een schattingsfout bevatten, zullen de resultaten van het testen daardoor worden beïnvloed. Daarom is getracht de geschatte waarden van de belangrijkste variabelen te corrigeren op systematische schattingsfouten door berekening van het verband tussen veldschattingen en laboratoriumgegevens bij dertig bodemonsters. Er is een correctie toegepast op alle schattingen van humus, lutum, leem, grofheid van het zand (M50-cijfer), GHG en GLG. Voor de correctie van de schattingen van humus, lutum, leem en M50-cijfer is een andere werkwijze toegepast dan voor GHG en GLG. Voor de eerstgenoemde vier variabelen zijn door elk van de karteerders schattingen verricht in dertig horizonten bij tien profielkuilen. De dertig horizonten zijn in duplo bemonsterd voor laboratoriumbepaling van het humus-, lutum- en leemgehalte en het M50-cijfer.

De correctie-formules, die zijn afgeleid uit de waarden voor de veldschattingen en de laboratoriumuitslagen, zijn vermeld in tabel 6.

Bij de correctie van de schattingen voor GHG en GLG is gebruik gemaakt van metingen van het grondwater bij een aantal van de voor het testen te gebruiken waarnemingspunten. In gebied A zijn uit de waarnemingspunten 16 punten door loting gekozen voor de waterstandsmetingen. In het binnen A gelegen gebied B zijn hiervoor op dezelfde wijze 48 punten gekozen. De data voor het meten van de grondwaterstanden zijn zodanig gekozen, dat het niveau van GHG en GLG en enkele daartussen liggende niveaus konden worden gemeten. Voor het kiezen van de data werd gebruik gemaakt van de gegevens van enkele in het gebied aanwezige waterstandsbuizen, waarin de waterstanden gedurende een lange reeks van jaren zijn opgenomen en waarvan het niveau van GHG en GLG exact kan worden berekend.

De metingen bij alle 64 waarnemingspunten zijn steeds op één dag verricht. De gemeten GHG- en GLG-waarden kunnen niet zonder meer als juist worden beschouwd, omdat de GHG- en GLG-niveaus bij gronden met een hoge en een lage grondwaterspiegel niet op hetzelfde tijdstip worden bereikt. Daarom is op de gemeten waarden een correctie toegepast. Deze is afgeleid uit de correlatie tussen de gegevens van de metingen bij elk van de waarnemingspunten en de gegevens van een waterstandsbuis met vergelijkbare diepten van de grondwaterstan-

den (Van Heesen, 1970). De correcties op de metingen voor zowel GHG als GLG zijn gering en variëren in verreweg de meeste gevallen tussen 0 en 5 cm. De correctieformules voor GHG en GLG zijn afgeleid uit schattingen en metingen van GHG en GLG bij dezelfde waarnemingspunten door toepassing van de methode der kleinste kwadraten (tabel 6).

Bij de beschrijving van bodemprofielen lenen sommige voor de classificatie van belang zijnde aspecten zich niet of nauwelijks voor correctie. Gedacht moet worden aan aantal, aard en dikte van de waargenomen horizonten, beoordeling van de diagnostische horizonten, beschrijving van kleuren en herkenning van roest-, reductie- en andere verschijnselen. Tijdens een oriënterend onderzoek bleek, dat er bij de beschrijving van bodemprofielen met relatief grote verschillen tussen de opeenvolgende horizonten een grote mate van overeenstemming was tussen de beschrijvingen van verschillende karteerders. Hetzelfde was het geval bij bodemprofielen met sterk ontwikkelde en met het oog herkenbare kenmerken in de verschillende horizonten. Bij bodemprofielen met zwak ontwikkelde kenmerken en bij bodemprofielen die afwijken van het central concept van een bepaalde classificatie-eenheid, werden echter vrij grote verschillen bij de beschrijvingen geconstateerd. Deze verschillen kunnen betrekking hebben op zowel op aantal en dikte van de horizonten als op het classificeren van het desbetreffende bodemprofiel. Voor bovenstaande schattingsfouten is geen correctie toegepast. Dus na correctie van de testgegevens blijft dit soort van systematische schattingsfouten in de testgegevens bestaan.

5.3 Afgeleide gegevens voor het testen

De bodemkaarten worden getest met de op systematische schattingsfouten gecorrigeerde testgegevens, waarbij in totaal 25 variabelen (nauwkeurigheidsmaten) worden gebruikt (par. 6.2). Dertien van deze nauwkeurigheidsmaten worden rechtstreeks uit de testgegevens berekend. De overige hebben een meer gecompliceerde samenstelling, doordat elk ervan is afgeleid uit een combinatie van bodemeigenschappen. Voor de afleiding van deze twaalf nauwkeurigheidsmaten zijn bewerkingen van de testgegevens noodzakelijk. De bewerkingen en de daaruit resulterende nauwkeurigheidsmaten worden behandeld in de volgende paragrafen.

5.3.1 Vochtleverend vermogen en verwante grootheden

Voor alle bodemprofielen, die gebruikt zijn voor het testen, is het vochtleverend vermogen berekend voor de gewassen winterrogge en gras. Het vochtleverend vermogen is de hoeveelheid vocht, die door de grond aan een gewas kan worden geleverd in een bepaald meteorologisch gedefinieerd jaar. Door ons is gewerkt met een 10% droog jaar. Dit is een jaar met een zodanig neerslagtekort in het groeiseizoen, dat er slechts in één van de tien jaren kans op overschrijding van dat tekort is (Rijtema, 1971).

Er bestaat een tamelijk groot verschil in potentiële evapotranspiratie tussen de gewassen rogge en gras. Voor gras bedraagt het groeiseizoen 150 dagen met in een 10% droog jaar een neerslagtekort van 233 mm en een potentiële evapotranspiratie van 470 mm. Voor winterrogge is het groeiseizoen 90 dagen met in een 10% jaar een neerslagtekort van 163 mm en een potentiële evapotranspiratie van 288 mm.

Het door de grond aan het gewas te leveren vocht bestaat, schematisch uitgedrukt, uit een gedeelte dat zich bevindt in de bewortelbare zone en een gedeelte dat gedurende het groeiseizoen vanuit het grondwater geleverd wordt aan de onderkant van de bewortelbare zone. Het vocht aan de onderkant van de bewortelbare zone wordt aangevoerd vanuit het grondwater door middel van onverzadigde stroming. Drijvende kracht daarbij is de toenemende vochtspanning in de bewortelbare zone ten gevolge van de verdamping door het gewas. De onderkant van de bewortelbare zone wordt gedefinieerd als het niveau waarboven 80% van de wortels voorkomt (Rijtema, 1971).

Het vochtleverend vermogen kan worden berekend met een computer-simulatiemodel (De Laat, 1980). Om dit model niet opnieuw op elk afzonderlijk bodemprofiel te hoeven toepassen, is het door dit model impliciet gegeven verband tussen enerzijds het vochtleverend vermogen en anderzijds de bewortelingsdiepte (D), de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (V) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (L) via de kleinste-kwadratenmethode benaderd met behulp van een veelterm, zowel voor gras als voor rogge. De coëfficiënten van deze veeltermen zijn vermeld in tabel 7.

Met behulp van de veeltermen is voor rogge en gras het vochtleverend vermogen berekend van alle bodemprofielen die gebruikt zijn voor het testen. Daarbij is gebruik gemaakt van de gecorrigeerde schattingen van GHG en GLG en de geschatte bewortelingsdikte. Tevens zijn de gecorrigeerde waarden voor het humus- en leemgehalte gebruikt voor het vaststellen van de voor het gewas in de bewortelbare zone beschikbare hoeveelheid vocht (vochtspanningscurven).

Behalve het vochtleverend vermogen zijn ook vier verwante grootheden berekend voor beide gewassen, nl. beschikbare hoeveelheid vocht in de bewortelbare zone, nalevering, ontwateringsgevoeligheidspercentage en het aandeel beschikbaar vocht. De waarden voor deze grootheden konden worden afgeleid uit de gegevens voor het berekenen van het vochtleverend vermogen. De definities van het vochtleverend vermogen en van de verwante grootheden zijn opgenomen in par. 6.2.5.

5.3.2 De geschiktheid voor gras en rogge

Bij het onderzoek naar de kwaliteit van bodemkaarten is de keuze van de maatstaven die gebruikt worden voor het meten van die kwaliteit, zeer belangrijk. Het ligt voor de hand om zich bij de keuze te richten op het doel waarvoor de desbetreffende kaart is gemaakt. Daarom zijn in dit onderzoek ook nauwkeurigheidsmaten

gebruikt die informatie verschaffen over de mate van homogeniteit van de kaart voor twee toepassingsmogelijkheden. Voor dit doel zijn geschiktheidsclassificaties ontworpen voor gras en voor winterrogge en is aan elk bodemprofiel dat gebruikt wordt voor het testen, een geschiktheidsklasse toegekend voor zowel gras als winterrogge. Vervolgens is met behulp van een homogeniteitsindex berekend, hoe groot de homogeniteit van de kaarteenheden en van de kaart als geheel is met betrekking tot de geschiktheid voor elk van beide gewassen (par. 6.2.6).

Er zijn afzonderlijke geschiktheidsclassificaties voor beide gewassen opgesteld, omdat ze zeer verschillende eisen stellen aan de grond wat betreft vochtleverend vermogen en ontwateringstoestand. Gras is gekozen omdat dit op de zandgronden het meest voorkomende gewas is. Winterrogge wordt echter vrijwel niet meer verbouwd. In plaats van winterrogge zou de keuze van gewassen als snijmaïs of aardappelen meer voor de hand hebben gelegen. Deze gewassen zijn evenwel minder goed bruikbaar voor het gebruikte model voor het vochtleverend vermogen (De Laat, 1980). Door het late tijdstip waarop bij deze gewassen het groeiseizoen begint, zijn met name de doorworteling van de bewortelbare laag en de diepte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand niet in overeenstemming met die welke in het model De Laat voor de uitgangssituatie van 14 april worden aangenomen.

De specifieke opzet van dit onderzoek stelt aan de te gebruiken geschiktheidsclassificatie de volgende eisen:

- a. elk voor het testen te gebruiken bodemprofiel moet eenduidig kunnen worden toegewezen aan een klasse van beide geschiktheidsclassificaties,
- b. de toewijzing moet volledig geautomatiseerd kunnen geschieden.

De beide geschiktheidsclassificaties zijn afgeleid van het bij de Stichting voor Bodemkartering in gebruik zijnde systeem voor de interpretatie van bodemkaarten (Stichting voor Bodemkartering, 1979b, Haans en Van Lynden, 1978). Daarin wordt uitgegaan van een aantal beoordelingsfactoren, die elk weer zijn onderverdeeld in een aantal gradaties. Sommige beoordelingsfactoren kunnen worden toegepast voor verschillende bodemgebruiksvormen, andere slechts voor één. Uit de waargenomen bodemeigenschappen worden voor de verschillende gronden de gradaties van de beoordelingsfactoren afgeleid. De mate van geschiktheid voor een bepaalde gebruiksvorm wordt bepaald door een combinatie van gradaties van relevante beoordelingsfactoren.

Het vochtleverend vermogen in een 10% droog jaar en de ontwateringstoestand zijn voor beide gewassen gebruikt als beoordelingsfactoren (tabellen 8 en 9). De stevigheid (vertrapping) is alleen gebruikt voor gras, terwijl de bewerkbaarheid (verkruijmelbaarheid) alleen is toegepast op winterrogge. Voor laatstgenoemde beoordelingsfactoren is het voorkomen of het ontbreken van een "storende laag" van belang. Om geautomatiseerde toewijzing mogelijk te maken, zijn twee soorten storende lagen morfometrisch gedefinieerd in termen van diepte, dikte, lutum-, leem- en humusgehalte. De definities zijn tot stand gekomen in nauw overleg met de afdeling Akker- en Weidebouw van de Stichting voor Bodemkartering en zijn gebaseerd op praktijkervaringen. De definities zijn speciaal opgesteld voor en alleen van toepassing op de in het on-

derzoeksgebied voorkomende open dekzandgronden.

Beide geschiktheidsclassificaties bestaan uit vier geschiktheidsklassen (tabellen 10 en 11). Elke klasse is samengesteld uit een of meer combinaties van gradaties van de drie beoordelingsfactoren. De algemene omschrijving van de geschiktheidsklassen is als volgt:

klasse 1.1: Zeer goed geschikt (zonder beperkingen)

klasse 1.2: Vrij goed geschikt (geringe beperkingen)

klasse 2 : Matig geschikt (beperkte mogelijkheden)

klasse 3 : Weinig geschikt (weinig mogelijkheden).

Welke combinaties van gradaties van beoordelingsfactoren als sleutel voor de verschillende geschiktheidsklassen fungeren, is weergegeven in de tabellen 12 en 13. Een overzicht van de geschiktheidsklassen wordt gegeven in tabel 14, met als ingang de gradaties van beoordelingsfactoren.

6 KWALITEITSMATEN VOOR BODEMKAARTEN

6.1 Inleiding

De toetsing van de kwaliteit van bodemkarteringen verkeert nog in het beginstadium. Inmiddels is al wel duidelijk geworden dat er voor het karakteriseren en kwantificeren van de kwaliteit verschillende benaderingen mogelijk zijn. Globaal kunnen twee hoofdaspecten worden onderscheiden: het kartografische en het pedologische aspect. De kartografische kwaliteit van een kaart is bepalend voor de leesbaarheid, terwijl de pedologische kwaliteit verband houdt met de juistheid en nauwkeurigheid van de via de kaart verstrekte gegevens.

Het in deze publikatie behandelde onderzoek is hoofdzakelijk, zij het niet uitsluitend, gericht op de pedologische kwaliteit. Van de bodemkaarten, die volgens de verschillende karteringsmethoden zijn gemaakt, wordt daarom hoofdzakelijk de nauwkeurigheid vergeleken. Daarvoor is het noodzakelijk de beschikking te hebben over één of meer nauwkeurigheidsmaten. Deze moeten gekozen worden uit een groot aantal alternatieven. Voor dit onderzoek zijn verschillende typen van nauwkeurigheidsmaten gehanteerd; de definities en interpretaties hiervan worden behandeld in par. 6.2. In par. 6.3 worden de statistische methoden gespecificeerd die gebruikt zijn voor het schatten van de nauwkeurigheden uit de ter beschikking staande steekproeven. Tenslotte worden in par. 6.4 enkele parameters besproken die verband houden met de leesbaarheid van bodemkaarten.

6.2 Nauwkeurigheidsmaten; definitie en interpretatie

6.2.1 Algemeen

De in dit onderzoek gebruikte nauwkeurigheidsmaten kunnen worden verdeeld in twee soorten: zuiverheidsmaten en homogeniteitsmaten. Tot de zuiverheidsmaten behoren de strikte zuiverheid, de gemiddelde zuiverheid en vijf partiële zuiverheden. De homogeniteitsmaten betreffen de standaardafwijkingen voor 16 verschillende bodemeigenschappen en de homogeniteitsindices voor rogge en gras.

Zuiverheidsmaten worden al sinds lange tijd toegepast bij bodemkarteringen. Zowel hun definitie als hun interpretatie is eenvoudig. Deze maten hebben betrekking op het oppervlaktepercentage van een kaart of kaartgedeelte, waarbinnen de bodemprofielen voldoen aan alle of een deelverzameling van de classificatiecriteria die op die kaart voor die profielen gelden. Zij weerspiegelen de nauwkeurigheid waarmee het voorkomen van de taxonomische eenheden in het gebied op de kaart is aangegeven. Nadelen van de zuiverheidsmaten zijn dat alle afwijkingen van de klassegrenzen van de criteria gelijkelijk worden gewogen, ongeacht hun soort en grootte, en dat geen rekening wordt gehouden met de spreidingen binnen die klassegrenzen.

Homogeniteitsmaten geven aan hoe homogeen de kaarteenheden zijn voor bepaalde bodemeigenschappen. Deze eigenschappen kunnen zowel primaire als afgeleide bodemeigenschappen zijn, zoals beoordelingsfactoren of geschiktheden. In tegenstelling tot de zuiverheidsmaten zijn de homogeniteitsmaten onafhankelijk van de classificatiecriteria. Als voor een gegeven eigenschap de gemiddelde waarde van een kaarteenheid wordt gebruikt als schatting voor individuele punten in die kaarteenheid, dan zal de fout hiervan kleiner zijn naarmate die kaarteenheid homogener is.

Voor de kwantitatieve bodemeigenschappen is de standaardafwijking binnen de kaarteenheden gebruikt als een maat voor de homogeniteit. Dit was echter niet mogelijk voor de geschiktheden voor gras en rogge, omdat hierbij vier geschiktheidsklassen worden onderscheiden, waarvan de onderlinge verschillen niet zijn gekwantificeerd; daarom werd voor deze twee eigenschappen een andere maat gekozen, die in het navolgende wordt aangeduid met de naam "homogeniteits-index".

Een aantal nauwkeurigheidsmaten wordt rechtstreeks berekend uit de testgegevens. De overige worden op indirecte wijze afgeleid uit de testgegevens. Zij hebben betrekking op verschillende combinaties van bodemeigenschappen. Voor de berekening wordt een aantal bewerkingen uitgevoerd volgens bepaalde rekenvoorschriften (par. 5.3).

Een nadeel van de gebruikte nauwkeurigheidsmaten is dat zij betrekking hebben op variaties van individuele bodemprofielen, met inbegrip van variaties op zeer korte onderlinge afstanden. Voor de "praktische" nauwkeurigheid van de kaart zijn de variaties die binnen gebruikseenheden, b.v. percelen, voorkomen, evenwel van weinig betekenis, omdat het bodemgebruik zich doorgaans richt op een "gemiddelde" bodemgesteldheid binnen de gebruikseenheden.

De werkelijke (populatie-)waarden van de parameters worden in het navolgende aangegeven met hoofdletters, terwijl de schattingen ervan worden aangegeven met de corresponderende kleine letters.

6.2.2 Partiële zuiverheden

Een partiële zuiverheid van een kaart of kaartgedeelte is gedefinieerd als het deel (fractie of percentage) van de oppervlakte waarbinnen de bodemprofielen voldoen aan een gegeven deelverzameling van de classificatiecriteria, zoals die in de kaartlegenda voor die profielen zijn omschreven.

Gaat men ervan uit dat alle te beschrijven bodemprofielen een gelijke oppervlakte innemen, dan is de zuiverheid ook te interpreteren als het deel van de bodemprofielen dat aan de desbetreffende criteria voldoet. Het is met name deze laatste interpretatie waar de schattingsmethode op aansluit.

Het geheel van de criteria van de beide classificaties die in dit onderzoek zijn gebruikt, werd opgesplitst in de volgende vijf deelverzamelingen, elk leidend tot een partiële zuiverheid:

1. subgroep: zuiverheidspercentage met betrekking tot alle criteria die gelden voor het subgroepniveau en de hogere niveaus van het Nederlandse systeem van bodemclassificatie,

2. fijnheid van het zand: zuiverheidspercentage met betrekking tot de klasse-indeling voor de fijnheid van het zand. Als maat wordt de mediaan van de zandfractie (M50) gebruikt, uitgedrukt in μm ,
3. lemigheid: zuiverheidspercentage met betrekking tot de klasse-indeling voor het leemgehalte ($\% < 50 \mu\text{m}$) uitgedrukt als het massa-percentage van het minerale deel van de grond,
4. toevoegingen: zuiverheidspercentage met betrekking tot de criteria die gelden voor een aantal aspecten zoals zanddek, kleidek en vergravingen die relevant zijn voor verschillende kaarteenheden,
5. grondwaterklasse: zuiverheidspercentage met betrekking tot de grondwaterklasse, die gedefinieerd wordt door klasse-indelingen voor GHG en GLG en uitgedrukt wordt in cm beneden maaiveld.

Voor de statistische analyse is het aantrekkelijk om de waarden van de partiële zuiverheden van de individuele bodemprofielen in beschouwing te nemen, die als volgt zijn gedefinieerd:

$p_{ijk} = 1$ als de eigenschappen van het i -de profiel voldoen aan de

j -de deelverzameling van classificatiecriteria, zoals die gelden voor de desbetreffende kaarteenheid op de k -de bodemkaart.

$p_{ijk} = 0$ als dit niet het geval is.

Op grond van de definitie is het nu duidelijk dat de zuiverheid $\bar{p}_{jk}$ van de k -de bodemkaart, met betrekking tot de j -de deelverzameling van criteria, het gemiddelde is van de zuiverheidswaarden van alle N profielen in het gekarteerde gebied:

$$\bar{p}_{jk} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_{ijk} \quad [1]$$

6.2.3 Strikte zuiverheid

De strikte zuiverheid van een kaart of kaartgedeelte is gedefinieerd als het deel (fractie of percentage) van de oppervlakte waarbinnen de bodemprofielen voldoen aan alle classificatiecriteria, zoals die op de kaart voor die profielen worden aangegeven. Dezelfde interpretatie in termen van aantallen profielen is mogelijk als bij de partiële zuiverheden.

Analoog aan de partiële zuiverheden, nemen we ook hier in beschouwing de waarden van de strikte zuiverheid van de individuele profielen: $p_{isk} = 1$ als de eigenschappen van het i -de profiel vol-

doen aan alle classificatiecriteria, zoals die gelden voor de desbetreffende kaarteenheid op de k -de bodemkaart

$p_{isk} = 0$ indien dit niet het geval is; waarbij s de strikte variant van de zuiverheid aangeeft.

Analoog aan de partiële zuiverheid, is de strikte zuiverheid van de k -de bodemkaart het gemiddelde van de strikte zuiverheidswaarden van alle N profielen in het gekarteerde gebied:

$$\bar{p}_{sk} = \sum_{i=1}^N p_{isk} / N \quad [2]$$

De strikte zuiverheidswaarde van het i-de profiel is het minimum van de partiële zuiverheidswaarden van dat profiel:

$$p_{isk} = \min \{p_{i1k}, \dots, p_{i5k}\} \quad [3]$$

maar merk op dat:

$$\bar{p}_{sk} < \min \{\bar{p}_{1k}, \dots, \bar{p}_{5k}\} \quad [4]$$

waarbij gelijkheid alleen wordt bereikt als $p_{imk} = 1$ impliceert dat $p_{ijk} = 1$ voor alle i en j , waarin m de deelverzameling van criteria met de kleinste zuiverheid aangeeft.

6.2.4 Gemiddelde zuiverheid

De gemiddelde zuiverheid wordt gedefinieerd als het rekenkundig gemiddelde van alle (hier 5) partiële zuiverheden.

$$\bar{p}_{ak} = (\bar{p}_{1k} + \dots + \bar{p}_{5k}) / 5 \quad [5]$$

Het valt gemakkelijk in te zien dat dit equivalent is aan:

$$\bar{p}_{ak} = \sum_{i=1}^N p_{iak} / N \quad [6]$$

waarbij $p_{iak} = (p_{i1k} + \dots + p_{i5k}) / 5$ voor $i = 1, \dots, N$.

Deze maat is dus de zuiverheidswaarde gemiddeld over zowel de profielen als de deelverzamelingen van classificatiecriteria.

Partiële, strikte en gemiddelde zuiverheid zijn nauwkeurigheidsmaten, die niet alleen voor de kaart als geheel kunnen worden

gebruikt, maar ook voor gedeelten van de kaart, zoals individuele kaartvlakken, kaarteenheden of groepen van kaarteenheden. De zuiverheidswaarden worden dan gemiddeld over alle bodemprofielen die voorkomen binnen het desbetreffende deel van de kaart. Het is gemakkelijk in te zien, dat de zuiverheid van de kaart gelijk is aan het gemiddelde van de zuiverheden van de kaarteenheden gewogen met hun oppervlakte.

Omdat het algemeen gebruikelijk is de zuiverheid weer te geven als een percentage, worden ook in dit rapport de resultaten als percentages in plaats van fracties gegeven. Deze percentages worden verkregen door de fracties te vermenigvuldigen met 100. Echter, de statistische schattingsprocedures (par. 6.3.2) kunnen gemakkelijker worden weergegeven in termen van fracties.

6.2.5 Standaardafwijkingen binnen kaarteenheden

Als maat voor de spreiding van bodemeigenschappen is de standaardafwijking binnen de kaarteenheden gebruikt. Het betreft de volgende bodemeigenschappen:

GHG: De gemiddeld hoogste grondwaterstand (cm beneden maaiveld).

GLG: De gemiddeld laagste grondwaterstand (cm beneden maaiveld).

bewortelingsdiepte: De dikte van de laag waarin 80% van de wortels voorkomt (cm).

humusgehalte op 10, 30 en 50 cm diepte: Het massapercentage organische stof op 10, 30 en 50 cm diepte.

vochtleverend vermogen: De totale hoeveelheid vocht (in mm) dat door de grond aan een bepaald gewas kan worden geleverd in een 10% droog jaar.

beschikbaar vocht: De hoeveelheid voor het gewas opneembaar vocht (in mm), dat geadsorbeerd is in de bewortelbare zone van het bodemprofiel (vochtleverend vermogen minus nalevering).

nalevering: De hoeveelheid voor gewas opneembaar vocht (in mm), dat door onverzadigde stroming opstijgt vanuit het grondwater tot aan de onderkant van de bewortelbare zone (vochtleverend vermogen minus beschikbaar vocht).

ontwateringsgevoeligheidspercentage: Het percentage waarmee het actuele vochtleverend vermogen van een grond zou worden verlaagd, als geen nalevering vanuit het grondwater zou plaatsvinden

$$\left(\frac{\text{nalevering} - 15}{\text{vochtleverend vermogen}} \right) \times 100$$

aandeel beschikbaar vocht: Het aandeel dat het beschikbaar vocht uitmaakt van het vochtleverend vermogen, uitgedrukt als percentage

$$\left(\frac{\text{beschikbaar vocht}}{\text{vochtleverend vermogen}} \right) \times 100$$

De standaardafwijkingen voor GHG, GLG, bewortelingsdiepte en voor de humusgehalten zijn rechtstreeks uit de testgegevens berekend. De overige standaardafwijkingen zijn via een aantal bewerkingen afgeleid uit de testgegevens. Voor elk van laatstgenoemde standaardafwijkingen geldt, dat afzonderlijke waarden zijn berekend voor de gewassen rogge en gras.

De homogeniteit van de u-de kaarteenheden op een gegeven bodemkaart met betrekking tot een kwantitatieve bodemeigenschap is in dit onderzoek gedefinieerd als de standaardafwijking S_u binnen die kaarteenheden. Dit is de vierkantswortel uit de variantie S_u^2 :

$$S_u^2 = \sum_{i=1}^{N_u} (x_{iu} - \bar{X}_u)^2 / N_u \quad [7]$$

waarbij x_{iu} de waarde aangeeft van het i-de bodemprofiel in de u-de kaarteenheden en $\bar{X}_u$ het gemiddelde over alle N_u profielen binnen die eenheid. Voor de kaart als geheel wordt de vierkantswortel genomen uit de gepoolde variantie binnen alle M kaarteenheden:

$$S_w = \left\{ \sum_{u=1}^M N_u S_u^2 / N \right\}^{1/2} \quad [8]$$

Ook nemen we in beschouwing de standaardafwijking binnen de classificatie-eenheden, die volledig analoog met die binnen de kaarteenheden is gedefinieerd. In het hypothetische geval van een bodemkaart met een strikte zuiverheid van 100% zijn deze grootheden identiek.

Gewoonlijk zal door onzuiverheden de standaardafwijking binnen de kaarteenheden groter zijn dan binnen de classificatie-eenheden, vooral wanneer het bodemeigenschappen betreft waarmee de classificatie-eenheden zijn gedefinieerd. Vooral voor zulke eigenschappen fungeert de standaardafwijking binnen de classificatie-eenheden in de praktijk dus als de ondergrens voor die binnen de kaarteenheden. De bovengrens wordt gevormd door de standaardafwijking S_t voor het gebied als geheel, gedefinieerd als:

$$S_t^2 = \sum_{u=1}^M \sum_{i=1}^{N_u} (x_{iu} - \bar{X})^2 / N \quad [9]$$

waarbij $\bar{X}$ het gemiddelde aangeeft van alle N profielen in het gebied.

6.2.6 Homogeniteitsindices

Voor het meten van de homogeniteit met betrekking tot de geschiktheid van de bodem voor de teelt van de gewassen rogge en gras is de homogeniteitsindex ontworpen. Zij wordt gedefinieerd als het kwadraat van de Euclidische afstand tussen de werkelijke oppervlakteverdeling over vier geschiktheidsklassen enerzijds en de gelijkverdeling anderzijds, uitgedrukt als percentage van de maximale waarde 0,75. Met deze index wordt de werkelijke verdeling van de geschiktheidsklassen binnen een kaarteenheden vergeleken met het meest heterogene geval, d.w.z. als alle geschiktheidsklassen evenveel voorkomen. Naarmate een kaarteenheden homogener is, zal de werkelijke verdeling meer afwijken van deze referentieverdeling. Het verschil tussen beide frequentieverdelingen wordt uitgedrukt als de gekwadraterde Euclidische afstand. Omdat voor de geschiktheid vier klassen worden onderscheiden, verkrijgen we de volgende homogeniteitsindex voor de u-de kaarteenheden:

$$H_u = \sum_{c=1}^4 (F_{cu} - \frac{1}{4})^2 \quad [10]$$

waarbij F_{cu} de relatieve frequentie aangeeft van de c-de klasse binnen de u-de eenheid. Voor de kaart als geheel berekenen we het gemiddelde over de kaarteenheden, gewogen met hun oppervlakte:

$$H_w = \sum_{u=1}^M N_u H_u / N \quad [11]$$

Evenals bij de standaardafwijkingen beschouwen we tevens de homogeniteit van de classificatie-eenheden. Deze is op dezelfde wijze als die van de kaarteenheden gedefinieerd. Ook de homogeniteitsindex van het gebied is op overeenkomstige wijze gedefinieerd:

$$H_t = \sum_{c=1}^4 (F_c - \frac{1}{4})^2 \quad [12]$$

waarbij F_c de relatieve frequentie aangeeft van de c-de klasse in het gebied. Het verschil tussen H_w voor de kaart en H_t stelt de actuele "winst" voor die wordt verkregen door het maken van de kaart. Het verschil tussen H_w voor de classificatie en H_t stelt de potentiële winst voor, die wordt verkregen door het maken van een kaart met een strikte zuiverheid van 100%.

Analoog aan de zuiverheden, zullen de waarden voor H_w en H_t worden weergegeven als percentages van de maximum waarde 0,75. De maximum waarde wordt bereikt als alle profielen van iedere kaart of classificatie-eenheid, resp. van het gebied als geheel, tot één geschiktheidsklasse behoren. De statistische schattingsmethode (par. 6.3.4) wordt echter gemakkelijker weergegeven in termen van de oorspronkelijke gekwadrateerde afstanden.

De homogeniteitsindex is nogal abstract. Hoewel de index is afgeleid uit de werkelijke frequentieverdelingen van de geschiktheidsklassen, kan men er niet rechtstreeks uit aflezen, hoe die frequentieverdelingen samenhangen met een bepaalde waarde van de index. Dit wordt vooral veroorzaakt, doordat een geringe afwijking van de ideale situatie al een relatief sterke daling van de index veroorzaakt. Oorspronkelijk werd getracht de homogeniteit van de geschiktheid te karakteriseren met een wat eenvoudiger maat, namelijk het oppervlaktepercentage van de meest voorkomende geschiktheidsklasse. Gezien het feit dat dit percentage, berekend uit steekproeven in belangrijke mate systematisch overschat wordt, is gekozen voor de meer abstracte homogeniteitsindex. Om toch een indruk te geven van de werkelijke frequentieverdeling is op verschillende plaatsen in dit rapport, naast de waarde van de index, informatie gegeven over het oppervlaktepercentage van de meest voorkomende geschiktheidsklasse.

In tabel 15 wordt voor een serie van typische frequentieverdelingen de waarde van de homogeniteitsindex aangegeven. Eenvoudigheidshalve is in deze tabel het oppervlaktepercentage van de meest voorkomende geschiktheidsklasse steeds gerangschikt in klasse 1.1. Een verandering van de volgorde in de frequentieverdelingen heeft evenwel geen invloed op de waarde van de index (zie vergelijking [10]).

6.3 Nauwkeurigheidsmaten; statistische schattingsmethoden

6.3.1 Algemeen

Alle 7 zuiverheden, de 16 standaardafwijkingen en de beide homogeniteitsindices zijn statistisch geschat voor elk van de 12 bodemkaarten. Bovendien zijn de standaardafwijkingen en de homogeniteitsindices ook geschat voor de twee classificatiesystemen en de beide gebieden. Elk van deze geschatte waarden is gebaseerd op een gestratificeerde steekproef van de voor het testen te gebruiken waarnemingspunten. De opzet van het bemonsteringsschema is beschreven in hoofdstuk 3.

Voor het maken van de kaarten werden de originele veldschattingen gebruikt. Voor het testen van de kaarten werden deze schattingen echter eerst zo goed mogelijk gecorrigeerd op systematische schattingsfouten. Deze correcties zijn beschreven in par. 5.2. Een gedetailleerde behandeling van de hier gebruikte statistische methoden is o.a. te vinden in Cochran (1977).

6.3.2 Schatting van de zuiverheden

Uit [1], [2] en [6] volgt dat de partiële, strikte en gemiddelde zuiverheden van de kaarten zijn te schatten als het gemiddelde van de corresponderende zuiverheidswaarden in het desbetreffende gebied. Daarom zijn de schattingen van de zuiverheden, $\bar{p}$, berekend als het gewogen gemiddelde van het steekproefgemiddelde binnen de strata

$$\bar{p} = \sum_{h=1}^L W_h \bar{p}_h \quad [13]$$

waarbij L het aantal strata aangeeft, W_h het gewicht van het h -de stratum, en p_h het steekproefgemiddelde van de zuiverheidswaarden in het h -de stratum, d.w.z.:

$$\bar{p}_h = \sum_{i=1}^{n_h} p_{hi} / n_h \quad [14]$$

waarbij n_h en p_{hi} respectievelijk aanduiden het aantal bodemprofielen en de i -de zuiverheidswaarde in het h -de stratum. Het gewicht W_h is de grootte van het stratum, die is gedefinieerd als de verhouding N_h/N van het aantal profielen in het stratum ten opzichte van die in het gehele gebied en gemeten als de oppervlakte-fractie A_h .

Als waarnemingsfouten in de zuiverheidswaarden buiten beschouwing worden gelaten, dan is $\bar{p}$ een statistisch zuivere schatter met minimale variantie, d.w.z. een grootheid die gemiddeld genomen de juiste waarde aanneemt en dat met een nauwkeurigheid die zo groot mogelijk is, gegeven de steekproefopzet. Deze variantie werd geschat volgens:

$$s^2(\bar{p}) = \sum_{h=1}^L W_h^2 s_h^2 / n_h \quad [15]$$

waarbij s_h^2 de steekproefvariantie van de zuiverheidswaarden in het h -de stratum aangeeft:

$$s_h^2 = \sum_{i=1}^{n_h} (p_{hi} - \bar{p}_h)^2 / (n_h - 1) \quad [16]$$

In het onderhavige geval zijn de steekproeffracties n_h/N_h voor elk stratum verwaarloosbaar. Onder deze omstandigheden is $s^2(\bar{p})$ een zuivere schatter van de werkelijke variantie. In sommige gevallen was er slechts één en soms zelfs geen enkele waarneming aanwezig binnen een stratum, waardoor s_h^2 niet geschat kon worden. Dergelijke strata werden dan samengevoegd met aangrenzende strata. Dit is gebeurd bij ongeveer een vierde deel van de kleine strata bij het testen van de kaarten PuFi-50 en RaFi-50,d.

Bij de paarsgewijze vergelijkingen van de kaarten is er getoetst, welke verschillen in zuiverheid statistisch significant waren. Afhankelijk van de situatie is dit gedaan met de t-toets voor 1 of voor 2 steekproeven. In dit onderzoek was er meestal een gedeeltelijke overlapping van de steekproeven, en dus een situatie inliggend tussen het 1-steekproef en het 2-steekproeven geval. Deze overlapping was, uitgezonderd voor de kaarten PuFi-50 en RaPr-50, relatief groot, zodat de 1-steekproef toets werd toegepast op de zuiverheidswaarden van de gemeenschappelijke bodemprofielen. De 2-steekproeven toets werd gebruikt voor de vergelijking van de kaart PuFi-50 met kaart RaPr-50. Deze kaarten werden getest met resp. 509 en 1260 testboringen, waarvan er 160 gemeenschappelijk waren. De onbekende covariantie die door deze overlap werd veroorzaakt, is verwaarloosd bij het berekenen van de variantie van het geschatte verschil in zuiverheid.

De zuiverheid $\bar{p}_u$ van een gegeven kaarteenheden u werd als volgt geschat. Allereerst werden de bodemprofielen voor het testen van de desbetreffende bodemkaart gebruikt voor het schatten van de oppervlakte van elk van de kaarteenheden, uitgedrukt als een fractie van het totale oppervlak. Voor dit doel werd dezelfde methode gebruikt als bij het schatten van de zuiverheden van de kaarten als geheel. Maar in plaats van op zuiverheidswaarden, werd de methode toegepast op een indicatorvariabele met de waarde 1, als het voor het testen gebruikte bodemprofiel was gelegen binnen de kaarteenheden en de waarde 0 als dit niet het geval was. Dezelfde methode werd vervolgens gebruikt voor het schatten van de fractie van het totale gebied, dat wordt ingenomen door het zuivere deel van de kaarteenheden. Tenslotte werd het quotiënt van deze fracties gebruikt als een schatting van de zuiverheid van de eenheid. De variantie van deze schatting $\bar{p}_u$ werd berekend volgens:

$$s^2(\bar{p}_u) = \frac{1}{a_u^2} \sum_{h=1}^L \frac{w_h^2}{n_h(n_h-1)} \left\{ \sum_{i=1}^{n_{hu}} (p_{hiu} - \bar{p}_{hu})^2 + n_{hu} \left(1 - \frac{n_{hu}}{n_h}\right) (\bar{p}_{hu} - \bar{p}_u)^2 \right\}$$

[17]

waarin

- a_u : schatting van de fractie (N_u/N) van het totale gebied, die wordt ingenomen door de u-de kaarteenheid,
 n_{hu} : aantal voor het testen gebruikte bodemprofielen in het h-de stratum en de u-de kaarteenheid,
 p_{hiu} : zuiverheidswaarde van het i-de bodemprofiel gebruikt voor het testen in het h-de stratum en de u-de kaarteenheid,
 $\bar{p}_{hu}$: steekproefgemiddelde van de zuiverheidswaarden in het h-de stratum en de u-de kaarteenheid.

Betrouwbaarheidsintervallen voor zuiverheden van kaarten en kaarteenheden werden berekend uit de schattingen en hun varianties. Uitgaande van het feit dat elk van de schattingen $\bar{p}$ een bij benadering normale verdeling heeft, wordt b.v. een 95% betrouwbaarheidsinterval verkregen met behulp van $\bar{p} \pm 1,96 s(\bar{p})$.

6.3.3 Schatting van de standaardafwijkingen

De standaardafwijking van een gegeven bodemeigenschap binnen de u-de kaarteenheid of classificatie-eenheid, S_u , wordt geschat volgens:

$$s_u^2 = \bar{x}_u^2 - \bar{\bar{x}}_u^2 + s^2(\bar{x}_u) \quad [18]$$

waarbij $\bar{x}_u$ en $\bar{\bar{x}}_u^2$ respectievelijk aanduiden het geschatte gemiddelde van de oorspronkelijke bodemeigenschap en de gekwadrateerde waarden van die eigenschap. Zowel $\bar{x}_u$ als $\bar{\bar{x}}_u^2$ werd verkregen volgens de zelfde methode als werd gebruikt voor het schatten van de zuiverheid van de kaarteenheden (par. 6.3.2). Alleen was er dit verschil, dat in plaats van de zuiverheidswaarden de waarden van de bodemeigenschappen en hun kwadraten werden gebruikt. Verder werd $s^2(\bar{x}_u)$ op overeenkomstige wijze als in vergelijking [17] berekend.

Schattingen van S_w^2 voor kaarten en classificaties werden verkregen door "pooling" van de varianties binnen de eenheden met minstens 2 bodemprofielen voor het testen:

$$s_w^2 = \frac{\sum_{u=1}^m a_u s_u^2}{\sum_{u=1}^m a_u} \quad [19]$$

waarbij m het aantal eenheden aanduidt met $n_u \geq 2$.

De varianties binnen de gebieden, S_t^2 , werden geschat volgens een overeenkomstige methode, zij het dat deze eenvoudiger is, omdat geen eenheden behoeven te worden onderscheiden:

$$s_t^2 = \overline{x^2} - \bar{x}^2 + s^2(\bar{x}) \quad [20]$$

waarin $\bar{x}$ en $\overline{x^2}$ het geschatte gemiddelde van de oorspronkelijke, resp. de gekwadraterde waarden van de bodemeigenschap binnen het gehele gebied aanduiden. Zowel $\bar{x}$ als $\overline{x^2}$ werd verkregen volgens dezelfde methode als werd gebruikt voor het schatten van de zuiverheid van de kaarten (par. 6.3.2). Alleen was er dit verschil, dat in plaats van zuiverheidswaarden, de waarden van de bodemeigenschappen (gekwadrateerd) werden gebruikt. Verder werd $s^2(\bar{x})$ op overeenkomstige wijze als bij vergelijking [15] berekend.

6.3.4 Schatting van de homogeniteitsindices

De homogeniteit van de u-de kaarteenheden of classificatie-eenheid, gedefinieerd als H_u in [10], werd als volgt geschat:

$$h_u = \frac{n_u}{n_u - 1} \left\{ \sum_{c=1}^4 f_{cu}^2 - \frac{1}{4} - \frac{3}{4n_u} \right\} \quad [21]$$

waarbij f_{cu} de geschatte relatieve frequentie van de c-de geschiktheidsklasse in de u-de eenheid aanduidt, berekend volgens dezelfde methode als gebruikt voor de zuiverheid van de kaarteenheden (par. 6.3.2).

Schattingen van H_w voor kaarten en classificatiesystemen werden verkregen als gewogen gemiddelde van de h_u 's van de eenheden met minstens twee bodemprofielen voor het testen:

$$h_w = \frac{\sum_{u=1}^m a_u h_u}{\sum_{u=1}^m a_u} \quad [22]$$

De homogeniteiten van de gebieden, H_t , werden op vergelijkbare wijze geschat:

$$h_t = \frac{n}{n-1} \left\{ \sum_{c=1}^4 f_c^2 - \frac{1}{4} - \frac{3}{4n} \right\} \quad [23]$$

waarbij f_c de geschatte relatieve frequentie van de c-de geschiktheidsklasse in het gebied aanduidt, berekend volgens dezelfde methode als gebruikt voor de zuiverheid van bodemkaarten (par. 6.3.2).

Voor een enkelvoudige aselechte steekproef van grootte n , met steekproeffrequenties f_c ($c = 1, \dots, 4$), kan worden aangetoond dat [23] een zuivere schatting oplevert voor H_t . Dit volgt uit de verwachting van de gekwadrateerde steekproeffrequenties (zie bijv. Johnson and Kotz, 1969, p. 51):

$$E(f_c^2) = \frac{F_c}{n} + \frac{n-1}{n} \cdot F_c^2 \quad [24]$$

Een soortgelijke opmerking kan worden gemaakt met betrekking tot h_u in [21]. Hoewel in dit onderzoek geen enkelvoudige aselechte, maar een gestratificeerde steekproef werd gebruikt, zijn eenvoudigheidshalve toch [21] en [23] gebruikt.

6.4 Leesbaarheid

Zoals zal blijken in hoofdstuk 7, vertonen de proximalkaarten een veel sterker gefragmenteerd patroon dan bodemkaarten met een landschappelijke afgrenzing. Daarom is van de proximal bodemkaarten ook een gegeneraliseerde variant in het onderzoek opgenomen. Aangezien het meer of minder gefragmenteerde patroon de leesbaarheid van de kaarten beïnvloedt, werd besloten ook dat aspect in de beschouwing te betrekken.

Het blijkt overigens moeilijk te zijn om parameters te vinden, waarmee de leesbaarheid van kaarten op een praktische en verantwoorde wijze is te kwantificeren. In dit onderzoek beperken we ons tot een eenvoudige, tamelijk ruwe benadering: het aantal kaarteenheden, het aantal kaartvlakken en de gemiddelde oppervlakte per kaartvlak werden gebruikt voor het meten van de leesbaarheid. De gegevens zijn vermeld in par. 7.2.3.

7 RESULTATEN EN DISCUSSIE

7.1 De nauwkeurigheid van de bodemkaarten in het algemeen

De nauwkeurigheid van de bodemkaarten wordt beoordeeld met drie groepen van nauwkeurigheidsmaten: met 7 zuiverheidspercentages, met de spreiding van 16 bodemeigenschappen en met 2 homogeniteitsindices, namelijk die van de geschiktheid voor rogge en voor gras.

7.1.1 Zuiverheidspercentages

Er worden 7 zuiverheidspercentages onderscheiden. De zuiverheidspercentages geven het oppervlaktepercentage van een kaart of kaartgedeelte aan, waarbinnen de bodemprofielen voldoen aan alle of een deelverzameling van de classificatiecriteria, die op die kaart voor die profielen worden aangegeven.

De strikte zuiverheid is het oppervlaktepercentage van een kaart waarbinnen de bodemprofielen voldoen aan alle classificatiecriteria. Alle voor de bodemkaart gestelde eisen zijn onderverdeeld in 5 groepen. Voor deze groepen zijn afzonderlijk de partiële zuiverheden berekend. Het betreft de volgende partiële zuiverheden, waarvan de omschrijvingen gegeven zijn in par. 6.2:

subgroep,
fijnheid zand,
lemigheid,
toevoegingen,
grondwaterklassen.

De gemiddelde zuiverheid is gedefinieerd als het rekenkundig gemiddelde van de vijf partiële zuiverheden. Hiermee wordt aangegeven welk percentage van de - tot 5 groepen samengevoegde - classificatiecriteria met succes op een kaart of kaartgedeelte is weergegeven.

In de rapporten en toelichtingen bij de bodemkaarten van de Stichting voor Bodemkartering wordt van oudsher het begrip "zuiverheid" gebruikt, zonder dat dit expliciet wordt gedefinieerd. Vermeld wordt dat gestreefd wordt naar een zuiverheid van 70%. Het in de karteringspraktijk gebruikte begrip "zuiverheid" komt overeen met het in dit onderzoek gedefinieerde begrip "gemiddelde zuiverheid". De waarden van de 7 zuiverheidspercentages zijn voor de beide classificaties en kaartschalen (par. 3.3) van de onderzochte bodemkaarten weergegeven in tabel 16.

De strikte zuiverheid blijkt bij alle bodemkaarten zeer laag te zijn. Bij bodemkaarten met een kaartbladenclassificatie varieert deze van 7,4 tot 12,5% en bij bodemkaarten met een opdrachtenclassificatie van 8,0 tot 10,7%. Het hoogste zuiverheidspercentage komt voor bij kaart PuFi-50 (gerichte waarnemingen en landschappelijke afgrenzing). Het laagste percentage bij bodemkaart PuPr-50 (gerichte waarnemingen en proximal afgrenzing). De kaarten RaPr-50,g en RaPr-10,g zijn gegeneraliseerde kaarten van resp. RaPr-50 en RaPr-10,

met overwegend complexe kaarteenheden, die ten gevolge van het samenvoegen van klassen een hogere zuiverheid hebben.

De gemiddelde zuiverheid loopt voor de verschillende bodemkaarten zeer weinig uiteen. Zij varieert van 63,8 tot 70,0% voor bodemkaarten met een kaartbladenclassificatie en van 58,8 tot 61,8% voor bodemkaarten met een opdrachtenclassificatie.

De verschillen tussen de bodemkaarten zijn, wat de 5 partiële zuiverheden betreft, in verreweg de meeste gevallen klein. Daarbij gaat een relatief hoge partiële zuiverheid voor het ene aspect vaak samen met een relatief lage partiële zuiverheid voor een ander aspect.

De klasse-indelingen voor subgroep en grondwatertrap zijn voor beide gebruikte classificaties gelijk. Bij de bodemkaarten schaal 1 : 10 000 (gebied B) zijn de zuiverheidspercentages voor het subgroepniveau evenwel niet hoger dan bij de bodemkaarten schaal 1 : 50 000 (gebied A). De verklaring moet worden gezocht in het meer gecompliceerde bodempatroon in gebied B.

Bij de partiële zuiverheid voor de grondwatertrap zijn de percentages voor de kaarten schaal 1 : 10 000 duidelijk hoger, uitgezonderd bij bodemkaart PuFi-10 (gerichte waarnemingen en landschappelijke afgrenzing).

Het zuiverheidspercentage voor de grondwaterklassen is laag: circa 40. Mede gezien het belang van de grondwaterklasse voor allerlei toepassingen moet deze als de zwakste schakel worden beschouwd binnen het geheel van indelingscriteria.

De klasse-indelingen voor fijnheid zand, lemigheid en toevoegingen zijn voor bodemkaarten met opdrachtenclassificatie gedetailleerder dan voor de bodemkaarten met kaartbladenclassificatie. Dit geeft bij de zuiverheid voor fijnheid van het zand en de lemigheid aanleiding tot lagere percentages bij bodemkaarten met opdrachtenclassificatie (schaal 1 : 10 000). De zuiverheid voor toevoegingen is ondanks de meer gedetailleerde indeling bij bodemkaarten met opdrachtenclassificatie niet lager.

Al met al blijken de verschillen in zuiverheidspercentages tussen de kaarten onderling gering te zijn. De strikte zuiverheid is zeer laag: veelal circa 10%. Dit wil zeggen, dat slechts over 10% van de oppervlakte van de kaart bodemprofielen voorkomen, die voldoen aan alle eisen die daarvoor door de gebruikte classificatie worden gesteld. Desondanks voldoen de bodemprofielen op de bodemkaarten gemiddeld voor 60-70% aan de tot 5 groepen samengevoegde classificatiecriteria.

Bij het generaliseren van proximal kaarten worden kaarteenheden samengevoegd tot complexe kaarteenheden. Ten gevolge van de samenvoeging van klassen is de strikte zuiverheid ongeveer het dubbele van dat bij de niet-gegeneraliseerde bodemkaarten, maar het absolute niveau blijft toch nog beneden 20%. Ook de gemiddelde zuiverheid ondergaat maar een geringe stijging met 10% tot circa 70%.

De invloed van de grotere kaartschaal en de grotere opnamedichtheid bij de kaarten met opdrachtenclassificatie zijn niet in staat de verlaging van de zuiverheidspercentages voor fijnheid zand en voor lemigheid te compenseren, die ontstaan is ten gevolge van de meer gedetailleerde klasse-indeling bij de opdrachtenclassificatie.

Van de vijf partiële zuiverheden is de zuiverheid voor de grondwaterklasse bij beide kaartschalen het laagst; de percentages variëren resp. tussen 33,5-45,4 en 42,6-45,7. Als gevolg van de

grotere kaartschaal en opnamedichtheid bij de kaartschaal 1 : 10 000 worden hier wel hogere waarden gemeten, zij het dat deze gemiddeld slechts 5% hoger zijn.

7.1.2 Spreidingen van de bodemeigenschappen

Als maat voor de spreiding wordt de gepoolde standaardafwijking binnen de kaarteenheden gebruikt. De spreidingen zijn berekend voor ieder van de gemaakte bodemkaarten. Door toewijzing van de voor het testen gebruikte bodemprofielen aan de classificatie-eenheid waartoe ze behoren, zijn ook de spreidingen voor de beide classificaties berekend (tabel 16). Daarbij zijn de klassegrenzen van de classificatie-eenheden zodanig gedefinieerd, dat zij volledig overeenstemmen met de op de bodemkaarten onderscheiden kaarteenheden, inclusief de grondwatertrap en de toevoegingen. Bovendien is de standaardafwijking berekend over het totaal van alle aanwezige bodemprofielen; deze geeft weer de totale spreiding in het gebied voor de 16 bodemeigenschappen. Om onderlinge vergelijking mogelijk te maken, zijn in tabel 17 de spreidingen die zijn berekend voor de bodemkaarten en voor de classificatiesystemen uitgedrukt als percentages van de gebiedsspreiding. Uit vergelijking van de gebiedsspreiding met de berekende spreiding voor de classificaties blijkt, in welke mate de spreiding kan worden verkleind door het toepassen van de gekozen classificatiesystemen. Uit vergelijking van de spreiding van de classificatie met de spreiding van de afzonderlijke bodemkaarten blijkt, in hoeverre die verkleining van de spreiding in feite is gerealiseerd door het maken van de desbetreffende bodemkaart. Daarbij moet worden bedacht, dat bij een 100% zuivere bodemkaart de spreidingen van bodemkaart en classificatie per definitie aan elkaar gelijk zullen zijn.

Uit de tabellen 16 en 17 blijkt, dat door toepassing van elk van beide classificaties een aanzienlijke verkleining van de gebiedsspreidingen kan worden bereikt. De grootte van de spreidingen en de mogelijke verkleining ervan lopen voor de afzonderlijke bodemeigenschappen aanzienlijk uiteen. Zeer grote spreidingen komen voor bij de eigenschappen GHG en GLG.

Opvallend is dat de mogelijke verkleining van de spreiding voor elk van de bodemeigenschappen voor kaartbladenclassificatie in gebied A vrijwel gelijk is aan die voor de opdrachtenclassificatie in gebied B. Een uitzondering vormen de humusgehalten in gebied B. Daarvan zijn de verkleiningen van de spreidingen veel geringer dan in gebied A.

Globaal gelden voor beide classificaties de volgende waarden voor de spreiding van de verschillende bodemeigenschappen. Daarbij is de spreiding uitgedrukt als een percentage van de gebiedsspreiding.

Circa 30% van de gebiedsspreiding: GHG, GLG, nalevering gras, ontwateringsgevoeligheidspercentage gras, aandeel beschikbaar vocht gras.

Circa 40% van de gebiedsspreiding: vochtleverend vermogen gras, beschikbaar vocht gras en rogge, nalevering rogge, aandeel beschikbaar vocht rogge.

Circa 50% van de gebiedsspreiding: bewortelingsdiepte, humusgehalten, vochtleverend vermogen rogge, ontwateringsgevoeligheidspercentage rogge.

Zoals reeds werd vermeld, geven de waarden voor de spreidingen van het classificatiesysteem aan, tot welk niveau de in het gebied aanwezige totale spreiding maximaal kan worden verkleind door het toepassen van die classificatie. In hoeverre die verkleining in feite bij de bodemkaarten wordt gerealiseerd, blijkt als we de spreidingen voor de afzonderlijke bodemkaarten vergelijken met de spreidingen voor de classificatie (tabel 17). Globaal genomen varieert de spreiding bij de bodemkaarten schaal 1 : 50 000 voor de meeste bodemeigenschappen tussen 65 en 80% van de gebiedsspreiding. Bij de bodemkaarten schaal 1 : 10 000 varieert de spreiding voor een aantal bodemeigenschappen tussen 55 en 70% van de gebiedsspreiding.

Uit vergelijking van de kolommen voor de afzonderlijke bodemkaarten blijkt dat de verschillen in spreiding tussen de kaarten onderling vaak systematisch zijn. Evenwel zijn deze verschillen tussen de bodemkaarten voor geen van de bodemeigenschappen erg groot. Bovendien geldt voor alle bodemeigenschappen bij alle bodemkaarten dat de spreiding aanzienlijk groter is dan de overeenkomstige spreiding van de classificatie.

Bij de bodemkaarten schaal 1 : 50 000 wordt de grootste verkleining van de spreiding bereikt bij de volgende bodemeigenschappen: beschikbaar vocht, nalevering, ontwateringsgevoeligheidspercentage en aandeel beschikbaar vocht. Bij de bodemkaarten schaal 1 : 10 000 wordt bij dezelfde bodemeigenschappen de grootste verlaging bereikt, maar bij deze bodemkaarten wordt eveneens een aanzienlijke verkleining van de spreiding bereikt bij de bodemeigenschappen GHG en GLG. Bij enkele ervan wordt de spreiding voor GHG en GLG zelfs verlaagd tot bijna de helft van de gebiedsspreiding.

7.1.3 Homogeniteitsindices voor de geschiktheid

De homogeniteitsindex geeft aan in hoeverre de gebruikte classificaties en de vervaardigde bodemkaarten homogeen zijn voor de geschiktheid voor rogge en gras (par. 6.2.6). De homogeniteitsindex kan variëren tussen 0 en 100. Een bodemkaart bereikt het maximum als elke kaarteenheden geheel tot één geschiktheidsklasse behoort. Dit betekent dat binnen de kaartvlakken van een kaarteenheden geen variatie in geschiktheidsklasse voorkomt bij de bodemprofielen die voor het testen zijn gebruikt. De laagste homogeniteitsindex (0) wordt behaald bij een gelijke verdeling over de vier geschiktheidsklassen, met andere woorden: als binnen elke kaarteenheden alle vier geschiktheidsklassen in gelijke mate worden aangetroffen.

Behalve voor de afzonderlijke bodemkaarten zijn de homogeniteitsindices ook berekend voor de beide classificaties. Daartoe zijn alle gecorrigeerde profielbeschrijvingen gesorteerd naar de

classificatie-eenheid waartoe zij behoren. De klassegrenzen van de classificatie-eenheden zijn zodanig gedefinieerd, dat de classificatie-eenheden volledig overeenstemmen met de op de bodemkaarten onderscheiden kaarteenheden, inclusief de grondwatertrap en de toevoegingen.

De onderlinge verschillen bij de homogeniteitsindices blijken bij de volgens verschillende methoden gemaakte bodemkaarten vrij klein te zijn (tabel 16). Voor bodemkaarten met kaartbladenclassificatie, schaal 1 : 50 000, varieert deze bij de geschiktheid voor rogge tussen 11,7 en 17,5 en bij de geschiktheid voor gras tussen 24,0 en 29,6. De homogeniteitsindices voor het gebied zijn voor rogge en gras resp. 4,1 en 18,9. Door het maken van de bodemkaarten is dus de homogeniteit voor de geschiktheid toegenomen, maar de waarden blijven ver beneden de waarde van 100. Een inzicht in de relatie tussen de waarde van de homogeniteitsindices en de verdeling van de oppervlakten over de geschiktheidsklassen wordt gegeven in tabel 15.

De hier besproken homogeniteitsindices van de bodemkaarten hebben betrekking op de kaart als geheel. Ze zijn tot stand gekomen door een middeling over alle onderscheiden kaarteenheden, waarbij de oppervlakten van de kaarteenheden als wegingsfactoren zijn gebruikt. Zoals in par. 7.2 nader wordt toegelicht, is het niet mogelijk de vergelijking van bodemkaarten en de waardering van karteringsmethoden te baseren op de homogeniteitsindices der afzonderlijke kaarteenheden. Om toch een indruk te geven van de mate van homogeniteit voor de geschiktheid bij de afzonderlijke kaarteenheden, zijn in tabel 34 voorbeelden gegeven van oppervlakteverdelingen van geschiktheidsklassen voor enkele belangrijke kaarteenheden. Tevens wordt hiermee een indicatie gegeven van de betekenis van de genoemde homogeniteitsindex in termen van oppervlakteverdelingen der geschiktheidsklassen bij de belangrijkste kaarteenheden op de verschillende bodemkaarten. Omdat het niet mogelijk is op eenvoudige wijze de vele oppervlakteverdelingen onderling te vergelijken, zal in het navolgende worden volstaan met het vergelijken van het oppervlaktepercentage, dat wordt ingenomen door de meest voorkomende geschiktheidsklasse bij de verschillende kaarteenheden.

Op bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, blijkt bij de geschiktheid voor rogge de oppervlakte van de meest voorkomende geschiktheidsklasse bij de in tabel 34 genoemde kaarteenheden te variëren tussen 40 en 75%. De hoogte van het percentage blijkt afhankelijk te zijn van de toegepaste karteringsmethode en de soort kaarteenheden. Bij de geschiktheid voor gras varieert de oppervlakte, ingenomen door de meest voorkomende geschiktheidsklasse, ongeveer tussen 55 en 80%. De resterende oppervlakte is meestal verdeeld over 2 of 3 andere geschiktheidsklassen.

De waarden van de homogeniteitsindices voor de kaartbladenclassificatie zijn aanzienlijk hoger dan die voor de bodemkaarten en bedragen voor rogge en gras, resp. 52,0 en 61,2. Deze waarden liggen duidelijk beneden 100; de eenheden van de gebruikte classificatie zijn dus niet volledig homogeen voor de geschiktheid. Uit tabel 15 blijkt evenwel dat bij waarden van 50 à 60 een redelijke homogeniteit aanwezig is. Gemiddeld blijken de individuele classificatie-eenheden dan voor 80% van hun oppervlakte tot één geschiktheidsklasse te behoren.

Uitgaande van de gebruikte classificatie, zal bij een 100% zuivere bodemkaart de homogeniteitsindex voor die kaart gelijk zijn aan de homogeniteitsindex voor de classificatie. Door de homogeniteitsindices voor de bodemkaarten uit te drukken als een percentage van dat van de classificatie, wordt weergegeven hoeveel procent van het theoretisch maximaal haalbare resultaat - gegeven de gebruikte classificatie - in feite is gerealiseerd (tabel 17). Voor de geschiktheid voor rogge varieert dit voor de verschillende bodemkaarten tussen 23 en 34% en voor gras tussen 39 en 48%.

In tegenstelling tot wat verwacht kan worden op grond van de meer gedetailleerde klasse-indeling, zijn de waarden voor de homogeniteitsindices voor de opdrachtenclassificatie iets lager dan die voor de kaartbladenclassificatie (tabel 16). De oorzaak hiervoor ligt in de meer complexe bodemkundige opbouw van gebied B in vergelijking tot gebied A. Wel zijn de homogeniteitsindices voor de bodemkaarten 1 : 10 000 met opdrachtenclassificatie (gebied B) hoger dan bij de bodemkaarten schaal 1 : 50 000 (gebied A), maar de onderlinge verschillen tussen de bodemkaarten zijn geringer. De homogeniteitsindices voor de geschiktheid van rogge varieert bij de verschillende bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, tussen 15,9 en 20,5 en bij de geschiktheid voor gras tussen 32,1 en 35,6 (tabel 16). De betekenis van deze waarden voor de homogeniteit bij enkele belangrijke kaarteenheden valt af te leiden uit tabel 34. Het oppervlaktepercentage dat door de meest voorkomende geschiktheidsklasse wordt ingenomen bij de genoemde kaarteenheden blijkt bij de geschiktheid voor rogge te variëren tussen 40 en 65 en voor gras tussen 60 en 75. De resterende oppervlakte is verdeeld over 2 of 3 andere geschiktheidsklassen.

De homogeniteitsindices van de bodemkaarten, uitgedrukt in procenten van het maximaal haalbare resultaat, liggen globaal 15% hoger dan bij de kaarten met kaartbladenclassificatie, schaal 1 : 50 000 (tabel 17). Zij variëren voor rogge tussen 36 en 46% en voor gras tussen 58 en 65%.

Ondanks de geringe verschillen in homogeniteitsindices tussen de bodemkaarten onderling, blijken de verschillen toch in zekere mate samen te hangen met de gebruikte karteringsmethode. Bij bodemkaarten met kaartbladenclassificatie en schaal 1 : 50 000 wordt de hoogste homogeniteitsindex aangetroffen bij de methode met aselechte waarnemingen en proximal afgrenzing (RaPr-50). Bij bodemkaarten met opdrachtenclassificatie en schaal 1 : 10 000 komt de hoogste homogeniteitsindex voor bij de methode met aselechte waarnemingen en landschappelijke afgrenzing (RaFi-10,d). De homogeniteitsindex voor gras is in alle gevallen duidelijk hoger dan die voor rogge.

7.2 Waardering van de karteringsmethoden

De karteringsmethoden zijn gewaardeerd door vergelijking van de nauwkeurigheidsmaten van paren bodemkaarten, gemaakt volgens verschillende karteringsmethoden. Als de waarden voor een bepaalde nauwkeurigheidsmaat bij twee te vergelijken bodemkaarten duidelijk verschillen, dan is in de tabellen de gunstigste waarde omcirkeld. Voor zuiverheidspercentages en homogeniteitsindices geldt dat de

hoogste waarde het gunstigst is; bij de spreidingen daarentegen is de laagste waarde het gunstigst.

Bedacht moet worden dat het bij vergelijking van de nauwkeurigheidsmaten gaat om waarden, die gemiddeld zijn over de kaart als geheel, waarbij de oppervlakten die de afzonderlijke kaarteenheden op een bodemkaart innemen als wegingsfactoren zijn gebruikt. Hoewel voor elk van de kaarteenheden de berekeningen voor alle nauwkeurigheidsmaten zijn uitgevoerd, zijn de mogelijkheden tot vergelijking van gelijknamige kaarteenheden op de verschillende bodemkaarten zeer beperkt. De oorzaken daarvan zijn:

- a. Het merendeel der onderscheiden kaarteenheden neemt op de bodemkaarten slechts een zeer kleine oppervlakte in. Daardoor is het aantal voor het testen te gebruiken bodemprofielen te gering voor betrouwbare uitkomsten.
- b. Bij de kaarteenheden die een relatief grote oppervlakte op de kaarten innemen, bestaan er tussen de bodemkaarten onderling vaak vrij grote verschillen in oppervlakte.
- c. Sommige karteringsmethoden geven aanleiding tot het onderscheiden van aantallen kaarteenheden die een veelvoud zijn van die bij andere karteringsmethoden.
- d. Bij het toekennen van kaarteenheden aan een zelfde terreingedeelte wordt voor de afzonderlijke bodemkaarten vaak verschillend gekozen uit een aantal nauw verwante kaarteenheden.

Daarom is afgezien van het systematisch vergelijken van gelijknamige kaarteenheden op de verschillende bodemkaarten. Uit de onderzoeksgegevens blijkt dat er, afhankelijk van de soort kaarteenheid, vrij grote verschillen bestaan in de nauwkeurigheidsmaten. Om daarvan een indruk te geven zijn in tabel 28 de gemiddelde waarden en de standaardafwijkingen van een aantal nauwkeurigheidsmaten weergegeven voor vier kaarteenheden en drie groepen van kaarteenheden, zoals die zijn berekend voor een viertal bodemkaarten. In de figuren 8, 9 en 10 is een deel van deze gegevens verwerkt, waarbij voor de afzonderlijke kaarteenheden de gemiddelde waarden zijn uitgezet tegen de standaardafwijkingen. Duidelijk blijkt dat sommige kaarteenheden zich sterk van elkaar onderscheiden wat betreft de grootte van de standaardafwijkingen voor bepaalde bodemeigenschappen (fig. 8 en 9). Voor andere bodemeigenschappen (fig. 10) blijkt er bij onderlinge vergelijking geen of slechts gering verschil te bestaan in de standaardafwijking, maar zijn er wel aanmerkelijke verschillen in de gemiddelde waarden voor de desbetreffende bodemeigenschap. De verschillen tussen de verschillende kaarteenheden blijken vaak veel groter te zijn dan de verschillen binnen een zelfde kaarteenheid, die zijn veroorzaakt door het toepassen van de onderzochte karteringsmethoden.

De waarden van de nauwkeurigheidsmaten voor de kaarten als geheel worden in het navolgende met elkaar vergeleken. Daarbij worden zeer kleine verschillen verwaarloosd en wordt alleen rekening gehouden met die nauwkeurigheidsmaten die "duidelijk verschillend" worden geacht. Voor het "duidelijk verschillend" zijn worden de volgende absolute verschillen gehanteerd:

zuiverheidspercentages: significant verschillend en het verschil $\leq 4\%$, significant verschillend en het verschil $> 4\%$,
homogeniteitsindex: verschil > 2 ,
spreiding GHG en GLG: verschil ≥ 2 cm,

spreiding bewortelingsdiepte: verschil ≥ 1 cm,
spreiding humusgehalte: verschil $> 0,5\%$,
spreiding vochtleverend vermogen, beschikbaar vocht en nalevering:
verschil ≥ 2 mm,
spreiding ontwateringsgevoeligheidspercentage en aandeel beschikbaar
vocht: verschil $\geq 2\%$.

Bij de zuiverheidspercentages is als eerste voorwaarde gesteld, dat de verschillen statistisch significant moeten zijn op het 95% niveau. Bij de homogeniteitsindex en de spreiding van bodemeigenschappen zijn geen gegevens over de betrouwbaarheid van de verschillen beschikbaar. In deze gevallen is voor het "duidelijk verschillend" zijn alleen gewerkt met de bovengenoemde absolute verschillen.

7.2.1 Vergelijking van bodemkaarten met variatie in één aspect van de karteringsmethode

Elk van de vier onderzochte karteringsmethoden bestaat uit een variatie van twee aspecten: de wijze van afgrenzing van de kaartvlakken en de keuze van de waarnemingspunten (par. 3.2).

Bij het vergelijken van bodemkaarten wordt onderscheid gemaakt tussen vergelijkingen waarbij slechts één aspect van de karteringsmethode varieert (par. 7.2.1) en vergelijkingen waarbij beide aspecten variëren (par. 7.2.2). Dit onderscheid is noodzakelijk in verband met verschillen in interpretatiemogelijkheden van de aangetroffen nauwkeurigheidsverschillen bij beide soorten van vergelijkingen (par. 3.6).

De vergelijking van bodemkaarten waarbij alleen de wijze van afgrenzing varieert, wordt behandeld in par. 7.2.1.1. De invloed van de keuze van de waarnemingspunten op de nauwkeurigheid van de kaart wordt besproken in par. 7.2.1.2.

Bij de waardering van de karteringsmethoden, die in de volgende paragrafen wordt behandeld, zijn uitsluitend vergelijkingen gemaakt tussen bodemkaarten met gelijke kaartschaal en gebaseerd op dezelfde classificatie. Bodemkaarten op schaal 1 : 50 000 hebben een kaartbladenclassificatie, bodemkaarten op schaal 1 : 10 000 hebben een opdrachtenclassificatie. Ter vermindering van lange omschrijvingen wordt in het navolgende volstaan met de aanduiding van de kaartschaal.

7.2.1.1 Invloed van de wijze van afgrenzing op de nauwkeurigheid van bodemkaarten

Bij de wijze van afgrenzing zijn twee methoden toegepast, namelijk een landschappelijke afgrenzing (Fi) en een proximal afgrenzing (Pr). Zowel bij de landschappelijke als de proximal afgrenzing worden eerst bodemkaarten vergeleken, waarbij een gerichte (vrije) keuze van waarnemingspunten is toegepast. Vervolgens worden kaarten met een aselechte keuze van waarnemingspunten met elkaar vergeleken.

(i) De invloed van de wijze van afgrenzing bij een gerichte keuze der waarnemingspunten valt af te leiden uit vergelijking van de gegevens van de bodemkaarten op schaal 1 : 10 000 (PuFi-50 en PuPr-50) en de bodemkaarten op schaal 1 : 10 000 (PuFi-10 en PuPr-10). De gegevens van beide paren bodemkaarten zijn naast elkaar weergegeven in het linkerdeel van de tabellen 18 en 19.

Bij bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, met gerichte keuze van waarnemingspunten is een landschappelijke afgrenzing duidelijk in het voordeel boven een proximal afgrenzing bij de volgende nauwkeurigheidsmaten:

- a. strikte zuiverheid, zuiverheid subgroep en grondwatertrap, bovendien wel significant maar met klein verschil: gemiddelde zuiverheid en zuiverheid leemgehalte,
- b. spreiding GHG en GLG en humusgehalte op 10 cm diepte,
- c. spreiding nalevering voor rogge en gras.

De proximal afgrenzing is duidelijk in het voordeel bij:

- a. zuiverheid toevoegingen,
- b. de homogeniteitsindex voor rogge en voor gras

Ook bij de bodemkaarten op schaal 1 : 10 000 is de landschappelijke afgrenzing (PuFi-10) voor enkele nauwkeurigheidsmaten in het voordeel boven de proximal afgrenzing (PuPr-10), maar de verschillen zijn kleiner dan bij de bodemkaarten schaal 1 : 50 000 (tabel 19).

De landschappelijke afgrenzing is gunstiger voor de volgende maatstaven:

- a. gemiddelde zuiverheid en zuiverheidspercentage van het leemgehalte,
- b. spreiding GLG.

Duidelijke verschillen ten gunste van de proximal afgrenzing zijn bij deze kaartschaal niet aanwezig.

(ii) De invloed van de wijze van afgrenzing bij een aselechte keuze der waarnemingspunten is af te leiden uit vergelijking van de gegevens van de bodemkaarten met kaartbladenclassificatie RaFi-50,d en RaPr-50,d en de bodemkaarten met opdrachtenclassificatie RaFi-10,d en RaPr-10,d. De gegevens van beide paren bodemkaarten zijn naast elkaar weergegeven in het rechterdeel van de tabellen 18 en 19.

Bij bodemkaarten op schaal 1 : 50 000 is een landschappelijke afgrenzing in het voordeel boven een proximal afgrenzing bij: de gemiddelde zuiverheid en de partiële zuiverheden voor subgroep, lemigheid en toevoegingen.

Op bodemkaarten schaal 1 : 10 000 is de landschappelijke afgrenzing duidelijk in het voordeel voor de volgende nauwkeurigheidsmaten:

- a. de gemiddelde zuiverheid en de partiële zuiverheden voor subgroep en toevoegingen,
- b. homogeniteitsindex voor rogge,
- c. spreidingen voor GHG, GLG en nalevering voor gras.

Bij geen van beide kaartschalen wordt een duidelijk verschil ten gunste van de proximal afgrenzing aangetroffen.

Uit het voorafgaande blijkt dat de invloed van de wijze van afgrenzing op de nauwkeurigheid niet gelijk is voor kaarten met een gerichte keuze en met een aselechte keuze van waarnemingen. Bovendien blijkt die invloed ook voor beide kaartschalen niet gelijk

te zijn. De gegevens zijn samengevat weergegeven in tabel 22 (rechterdeel) en hebben betrekking op vergelijking van de volgende paren bodemkaarten: PuFi-50 en PuPr-50; PuFi-10 en PuPr-10; RaFi-50,d en RaPr-50,d; RaFi-10,d en RaPr-10,d.

Een landschappelijke afgrenzing bij kaarten, schaal 1 : 50 000, met gerichte keuze (PuFi-50 en PuPr-50) blijkt in het voordeel te zijn bij een vijftal zuiverheidspercentages en een vijftal spreidingen. De proximal afgrenzing is in het voordeel bij 1 zuiverheidspercentage en bij de beide homogeniteitsindices. Geen duidelijke verschillen tussen landschappelijke en proximal afgrenzing worden aangetroffen bij 1 van de 7 zuiverheidspercentages en bij 11 van de 16 spreidingen.

Bij de kaarten, schaal 1 : 10 000, met gerichte keuze (PuFi-10 en PuPr-10) zijn bij geen van de nauwkeurigheidsmaten duidelijke verschillen aangetroffen ten gunste van de proximal afgrenzing. Verschillen ten gunste van de landschappelijke afgrenzing zijn slechts aanwezig bij 2 zuiverheidspercentages en bij 1 spreiding. Geen verschillen tussen beide manieren van afgrenzing zijn aanwezig bij 5 van de 7 zuiverheidspercentages, bij de beide homogeniteitsindices en bij 15 van de 16 spreidingen.

Bij bodemkaarten met aselechte waarnemingen is een beperkt aantal nauwkeurigheidsmaten in het voordeel bij een landschappelijke afgrenzing. Geen van de nauwkeurigheidsmaten is gunstiger bij een proximal afgrenzing. Bij de bodemkaarten op schaal 1 : 50 000 (RaFi-50,d en RaPr-50,d) zijn 4 van de 7 zuiverheidspercentages gunstiger bij de landschappelijke afgrenzing. Bij de overige 21 nauwkeurigheidsmaten zijn geen duidelijke verschillen tussen beide methoden van afgrenzing aangetroffen.

Bij de bodemkaarten op schaal 1 : 10 000 (RaFi-10,d en RaPr-10,d) zijn 3 zuiverheidspercentages, 3 spreidingen en 1 homogeniteitsindex gunstiger bij een landschappelijke afgrenzing. Bij de overige 18 nauwkeurigheidsmaten zijn geen duidelijke verschillen tussen beide methoden van afgrenzing gevonden.

Uit de resultaten van de vergelijking kan het volgende worden geconcludeerd::

Een landschappelijke afgrenzing heeft de voorkeur boven een proximal afgrenzing bij:

- bodemkaarten, schaal 1 : 50 000. Daarbij is er een duidelijke voorkeur als gewerkt wordt met een gerichte keuze van waarnemingen en een beperkte voorkeur als gewerkt wordt met een aselechte keuze
- bodemkaarten, schaal 1 : 10 000. Daarbij is er een duidelijke voorkeur als er gewerkt wordt met een aselechte keuze en een beperkte voorkeur als gewerkt wordt met een gerichte keuze van waarnemingen.

Een proximal afgrenzing blijkt in alle onderzochte gevallen een bodemkaart op te leveren die voor veel of een beperkt aantal van de nauwkeurigheidsmaten minder nauwkeurig is dan bij een landschappelijke afgrenzing.

7.2.1.2 Invloed van de keuze van waarnemingspunten op de nauwkeurigheid van bodemkaarten

Voor de keuze van waarnemingspunten zijn twee methoden toegepast, namelijk een gerichte (Pu) en een aselechte keuze (Ra). De invloed van de keuze van waarnemingspunten op de nauwkeurigheid van de kaart wordt eerst nagegaan voor kaarten met een landschappelijke afgrenzing. Vervolgens wordt die invloed besproken voor bodemkaarten met een proximal afgrenzing.

(i) De invloed van de wijze waarop de waarnemingspunten worden gekozen bij bodemkaarten met een landschappelijke afgrenzing is af te leiden uit vergelijking van de gegevens van de bodemkaarten op schaal 1 : 50 000 (PuFi-50 en RaFi-50,d) en de bodemkaarten op schaal 1 : 10 000 (PuFi-10 en RaFi-10,d). De gegevens zijn paarsgewijze vermeld in het linkerdeel van de tabellen 20 en 21.

Bij bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, (PuFi-50 en RaFi-50,d) zijn aselechte waarnemingspunten duidelijk in het voordeel boven een gerichte keuze bij de volgende nauwkeurigheidsmaten:

- a. de partiële zuiverheden voor lemigheid en toevoegingen en de gemiddelde zuiverheid,
- b. de homogeniteitsindex voor rogge,
- c. de spreiding voor bewortelingsdiepte.

De gerichte keuze van waarnemingspunten is bij geen van de 25 nauwkeurigheidsmaten gunstiger dan een aselechte keuze.

Bij de bodemkaarten schaal 1 : 10 000 zijn de verschillen tussen aselechte waarnemingen en gerichte waarnemingen zeer gering (PuFi-10 en RaFi-10,d). Aselechte waarnemingen zijn gunstiger voor de homogeniteitsindex voor gras en de spreiding vochtleverend vermogen voor gras. Gerichte waarnemingen zijn gunstiger voor de zuiverheid fijnheid van het zand.

(ii) De invloed van de wijze waarop de waarnemingspunten worden gekozen bij bodemkaarten met proximal afgrenzing blijkt voor de kaarten op schaal 1 : 50 000 bij vergelijking van de volgende exemplaren: RaPr-50 en PuPr-50; RaPr-50,g en PuPr-50.

Voor bodemkaarten op schaal 1 : 10 000 is deze invloed af te leiden uit vergelijking van de kaarten RaPr-10 en PuPr-10 en de kaarten RaPr-10,g en PuPr-10 (tabellen 20 en 21, rechter gedeelte).

Bij bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, zijn aselechte waarnemingen in het voordeel bij een groot aantal van de nauwkeurigheidsmaten. Duidelijke verschillen ten gunste van aselechte waarnemingen worden aangetroffen bij:

- a. partiële zuiverheid voor subgroep,
- b. de homogeniteitsindex voor rogge,
- c. de spreidingen voor GHG, GLG, bewortelingsdiepte, humusgehalte, beschikbaar vocht, nalevering, ontwateringsgevoeligheidspercentage en het aandeel beschikbaar vocht.

Verscheiden ten gunste van de gerichte waarnemingen worden bij geen van de nauwkeurigheidsmaten aangetroffen. Bij de gegeneraliseerde proximal kaart (RaPr-50,g) zijn de nauwkeurigheden eveneens groter bij aselechte waarnemingen. De verschillen zijn dan nog iets groter dan bij de niet-gegeneraliseerde proximal

kaart (RaPr-50). Een uitzondering hierop vormt de homogeniteits-index voor gras, die gunstiger is bij een gerichte keuze der waarnemingspunten.

De zuiverheidspercentages van de gegeneraliseerde proximal kaarten, aangeduid met (.....,g) mogen niet worden vergeleken met de zuiverheidspercentages van andere bodemkaarten. De gegeneraliseerde proximal kaarten bestaan overwegend uit complexe kaarteenheden, waarbij de zuiverheidsberekening is afgestemd op de daarbij behorende ruimere klassen.

Bij de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, zijn gerichte waarnemingen in het voordeel bij een aantal nauwkeurigheidsmaten, terwijl slechts één nauwkeurigheidmaat duidelijk gunstiger is bij een aselechte keuze der waarnemingspunten (tabel 21). Duidelijke verschillen tussen de gegevens van de bodemkaarten RaPr-10 en PuPr-10 ten gunste van gerichte waarnemingen (Pu) worden gemeten bij:

- a. zuiverheid subgroep, fijnheid zand en toevoegingen,
- b. homogeniteitsindex voor rogge,
- c. spreidingen voor GHG, GLG, nalevering voor gras, ontwateringsgevoeligheidspercentage voor gras en aandeel beschikbaar vocht voor gras.

Aselechte waarnemingen zijn alleen in het voordeel bij de zuiverheid voor het leemgehalte.

De spreidingen van de gegeneraliseerde proximal kaart (RaPr-10,g) zijn overwegend wat lager dan bij de niet-gegeneraliseerde kaart RaPr-10. Dit heeft tot gevolg dat duidelijke verschillen ten gunste van de gerichte waarnemingen hier niet voorkomen. Bij de gegeneraliseerde kaart zijn aselechte waarnemingen duidelijk in het voordeel boven gerichte in slechts één geval, namelijk bij de spreiding voor vochtleverend vermogen voor gras. Voor het overige zijn de verschillen zeer klein, waarbij de aselechte waarnemingen meestal een iets gunstiger waarde opleveren.

Het blijkt dat de invloed van de wijze waarop de waarnemingen worden gekozen op de nauwkeurigheid niet gelijk is voor kaarten met een landschappelijke en die met een proximal afgrenzing. Ook is die invloed niet gelijk voor beide kaartschalen. De hiervoor vermelde gegevens zijn samengevat in tabel 22 (linkerdeel). Zij hebben betrekking op vergelijking van de volgende paren bodemkaarten: PuFi-50 en RaFi-50,d; PuFi-10 en RaFi-10,d; RaPr-50 en PuPr-50; RaPr-50,g en PuPr-50; RaPr-10 en PuPr-10; RaPr-10,g en PuPr-10.

Bij bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, met landschappelijke afgrenzing (PuFi-50 en RaFi-50,d) zijn aselechte waarnemingen in het voordeel bij 3 zuiverheidspercentages, 1 homogeniteitsindex en 1 spreiding. Duidelijke verschillen ten gunste van gerichte waarnemingen komen bij geen van de nauwkeurigheidsmaten voor. Geen duidelijke verschillen tussen aselechte en gerichte waarnemingen worden aangetroffen bij 4 van de 7 zuiverheidspercentages, 1 homogeniteitsindex en bij 15 van de 16 spreidingen.

Bij de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, met landschappelijke afgrenzing (PuFi-10 en RaFi-10,d) zijn aselechte waarnemingen gunstiger voor 1 homogeniteitsindex en voor 1 spreiding. Duidelijke verschillen ten gunste van gerichte waarnemingen worden alleen gevonden bij de zuiverheid voor fijnheid van het zand. Bij 6 van de 7 zuiverheden, bij 15 van de 16 spreidingen en bij 1 homogeni-

teitsindex zijn er geen duidelijke verschillen tussen aselechte en gerichte waarnemingen.

Bij bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, met proximal afgrenzing (RaPr-50 en PuPr-50) zijn aselechte waarnemingen in het voordeel bij 1 zuiverheid, 1 homogeniteitsindex en bij 12 van de 16 spreidingen. Bij de gegeneraliseerde proximal kaart (RaPr-50,g) zijn eveneens de spreidingen van bodemeigenschappen gunstiger bij aselechte waarnemingen, waarbij de verschillen tussen RaPr-50,g en PuPr-50 meestal iets groter zijn dan die tussen de niet-gegeneraliseerde kaart (RaPr-50) en PuPr-50. Bij de gegeneraliseerde kaart is alleen de homogeniteitsindex voor rogge gunstiger bij gerichte waarnemingen.

Bij bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, met proximal afgrenzing (RaPr-10 en PuPr-10) zijn gerichte waarnemingen in het voordeel bij 3 zuiverheden, 1 homogeniteitsindex en 5 spreidingen. Aselechte waarnemingen zijn alleen in het voordeel bij 1 zuiverheidspercentage. Bij de gegeneraliseerde proximal kaart RaPr-10,g zijn de verschillen met kaart PuPr-10 geringer dan bij de niet-gegeneraliseerde kaart. Bij verreweg de meeste nauwkeurigheidsmaten zijn er geen duidelijke verschillen aanwezig tussen aselechte en gericht gekozen waarnemingspunten. Alleen de spreiding voor vóchtleverend vermogen voor gras is bij aselechte gekozen waarnemingspunten duidelijk gunstiger dan bij de gerichte keuze van waarnemingspunten.

Uit de resultaten van de vergelijkingen kan het volgende worden geconcludeerd:

Een aselechte keuze van waarnemingen heeft de voorkeur boven een gerichte keuze bij de bodemkaarten op schaal 1 : 50 000. Daarbij is er een duidelijke voorkeur, als gewerkt wordt met een proximal afgrenzing, en een beperkte voorkeur, als gewerkt wordt met een landschappelijke afgrenzing.

Een gerichte keuze van de waarnemingen heeft de voorkeur boven een aselechte keuze bij bodemkaarten op schaal 1 : 10 000, als gewerkt wordt met een proximal afgrenzing.

Een gerichte en een aselechte keuze zijn gelijkwaardig bij bodemkaarten op schaal 1 : 10 000, als gewerkt wordt met een landschappelijke afgrenzing.

7.2.2 Vergelijking van bodemkaarten met variatie in beide aspecten van de karteringsmethode

In par. 7.2.1. werden bodemkaarten met elkaar vergeleken, waarbij alleen de wijze van afgrenzing of de keuze van de waarnemingspunten varieert. In deze paragraaf worden bodemkaarten met elkaar vergeleken, waarbij beide aspecten van de karteringsmethode variëren. Bij vergelijking van kaarten waarbij 2 aspecten verschillend zijn, zijn de geconstateerde verschillen niet rechtstreeks toe te wijzen aan één bepaald karteringsaspect. Vergeleken worden de volgende paren bodemkaarten (tabellen 23 en 24):

a. gerichte keuze en landschappelijke afgrenzing worden vergeleken met aselechte keuze en proximal afgrenzing; dit betekent dat de volgende paren kaarten werden vergeleken: PuFi-50 en RaPr-50; PuFi-10 en RaPr-10.

b. aselechte keuze en landschappelijke afgrenzing worden vergeleken met gerichte keuze en proximal afgrenzing; vergelijking dus van de volgende paren kaarten: RaFi-50,d en PuPr-50; RaFi-10,d en PuPr-10.

Bij schaal 1 : 50 000 (PuFi-50 en RaPr-50) levert een aselechte keuze en proximal afgrenzing een betere kaart op dan een gerichte keuze en landschappelijke afgrenzing voor beide homogeniteitsindices en 2 van de 16 spreidingen. Een gerichte keuze met landschappelijke afgrenzing is alleen gunstiger bij de zuiverheid van de grondwaterklassen. Geen of zeer kleine verschillen worden gemeten bij 6 van de 7 zuiverheidspercentages en bij 14 van de 16 spreidingen.

Bij schaal 1 : 10 000 (PuFi-10 en RaPr-10) is er een duidelijke voorkeur voor gerichte keuze met landschappelijke afgrenzing boven aselechte keuze met een proximal afgrenzing (tabellen 23 en 24). De gerichte keuze met landschappelijke afgrenzing is in het voordeel bij 4 van de 7 zuiverheidspercentages, bij 7 van de 16 spreidingen en bij 1 homogeniteitsindex. Aselechte keuze met proximal afgrenzing is alleen in het voordeel bij de zuiverheid voor de leemklassen. Geen duidelijke verschillen komen voor bij 2 van de 7 zuiverheidspercentages, 9 van de 16 spreidingen en bij de homogeniteitsindex voor gras.

Bij een vergelijking van aselechte keuze en landschappelijke afgrenzing met gerichte keuze en proximal afgrenzing heeft bij beide kaartschalen de aselechte keuze met landschappelijke afgrenzing de voorkeur (tabellen 23 en 24; de paren RaFi-50,d en PuPr-50; RaFi-10,d en PuPr-10). Bij de bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, betreft het 3 zuiverheidspercentages en 8 spreidingen. Bij de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, betreft het 2 zuiverheidspercentages, 4 spreidingen en 1 homogeniteitsindex. Gerichte keuze met proximal afgrenzing is bij beide kaartschalen slechts voor één nauwkeurighedsmaat in het voordeel. Bij ruim de helft van de nauwkeurighedsmaten is er geen duidelijk verschil tussen de beide karteringsmethoden.

De uitkomsten van de vergelijkingen tussen karteringsmethoden, waarbij beide aspecten variëren, zijn in overeenstemming met de invloeden die de afzonderlijke aspecten hebben op de nauwkeurigheid (par. 7.2.1.1 en 7.2.1.2). De hier behandelde karteringsmethoden zijn samengesteld uit een combinatie van aspecten waarbij meestal zowel een positieve als een negatieve invloed op de nauwkeurigheid aanwezig is. Positieve en negatieve invloeden bij beide te vergelijken karteringsmethoden resulteren in een duidelijke of geringe voorkeur voor die methode waarvan de positieve invloeden overheersen. Voor de invloed van de afzonderlijke aspecten op de nauwkeurigheid, gegeven het andere aspect, zie ook par. 7.2.4 en tabel 29.

7.2.3 Verschillen in leesbaarheid van de bodemkaarten

7.2.3.1 De leesbaarheid in het algemeen

De beoordeling van de kwaliteit van de bodemkaarten in de voorgaande paragrafen is uitsluitend gebaseerd op de zuiverheidspercentages, de homogeniteitsindices en de mate van spreiding van een aantal bodemeigenschappen. Behalve deze bodemkundige nauwkeurighedsmaten zijn er zuiver kartografische factoren, die mede de bruikbaar-

heid van een bodemkaart bepalen. Hierbij gaat het om de leesbaarheid van de bodemkaart.

Objectieve methoden voor het meten van de leesbaarheid van een bodemkaart zijn niet beschikbaar. Om toch informatie te krijgen over die leesbaarheid, moest gekozen worden uit twee mogelijkheden:

- a. een enquête houden onder kaartgebruikers,
- b. werken met kengetallen, zoals aantallen kaarteenheden, aantallen kaartvlakken en de gemiddelde grootte (oppervlakte) der vlakken.

Om praktische redenen is voor het laatste gekozen. In tabel 25 zijn per bodemkaart gegevens verzameld over de aantallen kaarteenheden, de aantallen kaartvlakken, de gemiddelde oppervlakte per kaartvlak en een verdeling van de kaarteenheden over een drietal oppervlakteklassen. Bij bodemkaarten met proximal afgrenzing (....Pr) is zowel het aantal kaarteenheden als het aantal kaartvlakken ongeveer drie-maal zo groot als bij bodemkaarten met landschappelijke afgrenzing. Dit geldt met name voor de bodemkaarten met aselechte waarnemingen. Bij de bodemkaarten met gerichte waarnemingen zijn deze verhoudingen wat lager, namelijk het dubbele aantal kaarteenheden bij beide kaartschalen en het dubbele aantal kaartvlakken bij de kaartschaal 1 : 10 000.

De bodemkaarten met een proximal afgrenzing worden dus gekenmerkt door een veelheid van kaarteenheden en een groot aantal zeer kleine kaartvlakken. Terwijl de gemiddelde oppervlakte der kaartvlakken bij kaarten met landschappelijke afgrenzing voor de schalen 1 : 50 000 en 1 : 10 000 resp. 25 à 40 ha en 2 à 3 ha bedraagt, is dat bij kaarten met proximal afgrenzing 6 à 9 ha (1 : 50 000) en 0,85 à 1,4 ha (1 : 10 000).

Door een groot aantal kaarteenheden en een veelheid van kleine kaartvlakjes ontstaat een uitermate gedetailleerd kaartbeeld, wat door de kaartgebruiker in het algemeen negatief en als "moeilijk leesbaar" zal worden beoordeeld. Voor de hier besproken proximal kaarten is de grootte van veel kaartvlakken zelfs zodanig, dat de ruimte voor het plaatsen van de legendacode ontbreekt.

Het blijkt dat er een verband bestaat tussen de gebruikte karteringsmethoden en de leesbaarheid van de kaart. Bij een waardering van de karteringsmethoden kan daarom niet worden volstaan met het vergelijken van de nauwkeurigheidsmaten. In par. 7.2.4 wordt ook de leesbaarheid van de kaart in de beoordeling betrokken. De mate van leesbaarheid van een bodemkaart kan de waardering voor een karteringsmethode beïnvloeden. In dit onderzoek kunnen zich de volgende gevallen voordoen:

- a. De nauwkeurigheidsmaten zijn gunstiger voor de methode met landschappelijke afgrenzing dan voor de proximal methode. Door de betere leesbaarheid van de kaart met de landschappelijke afgrenzing wordt de voorkeur voor de methode met landschappelijke afgrenzing nog vergroot.
- b. De nauwkeurigheidsmaten bij beide karteringsmethoden zijn vrijwel gelijk. Door een grotere leesbaarheid van de bodemkaart wordt de voorkeur gegeven aan deze methode.
- c. De nauwkeurigheidsmaten zijn gunstiger voor de methoden met een proximal afgrenzing. Bij vergelijking van beide karteringsmethoden moet de grotere nauwkeurigheid van de kaart bij de methode met proximal afgrenzing worden afgewogen tegen de betere leesbaarheid van de kaart bij de methode met een landschappelijke afgrenzing.

7.2.3.2 Invloed van aantal waarnemingen op leesbaarheid

De leesbaarheid van de bodemkaarten met een proximal afgrenzing wordt niet verbeterd, als bij het maken van de kaart het aantal waarnemingen wordt vergroot. Bij de bodemkaarten RaPr-50 en RaPr-10,d is een uitbreiding van het aantal waarnemingspunten toegepast ten opzichte van resp. de kaarten RaPr-50,d en RaPr-10. Het aantal waarnemingspunten is bij de bodemkaart RaPr-50 vermeerderd met 38% en bij de bodemkaart RaPr-10,d met 21% (tabel 25). Daardoor blijkt het aantal kaarteenheden minder dan evenredig te stijgen, maar het aantal kaartvlakken stijgt wel evenredig. De leesbaarheid wordt dus nog slechter. Bij vergelijking van paren kaarten met verschillende waarnemingsdichtheden (RaPr-50,d en RaPr-50; RaPr-10 en RaPr-10,d) blijkt overigens ook dat de nauwkeurigheid bij grotere waarnemingsdichtheid een geringe stijging ondergaat.

7.2.3.3 Invloed van generalisatie op leesbaarheid

Door generalisatie van bodemkaarten met een proximal afgrenzing (RaPr-50,g, RaPr-10,g; tabel 25) wordt een aanzienlijke verbetering van de leesbaarheid bereikt, omdat daardoor het aantal en de grootte van de kaartvlakken veranderen. Ook is er een vermindering van het aantal kaarteenheden, maar dit aantal ligt toch nog aanzienlijk boven dat van de bodemkaarten met een landschappelijke afgrenzing (....Fi). Overigens blijkt dat door generalisatie de nauwkeurigheid van deze kaarten niet of nauwelijks vermindert.

Een nadeel van de toegepaste vorm van generalisatie (par. 3.2.2) is, dat hierdoor een bodemkaart met overwegend complexe kaarteenheden ontstaat. Door toevallige oorzaken ontstaan er veel complexe kaarteenheden die onderling slechts minimale verschillen vertonen. Dit heeft tot gevolg dat van elke complexe kaarteenheden overwegend slechts één kaartvlak op de bodemkaart wordt aangetroffen.

De vergroting van de leesbaarheid door generalisatie heeft dus voornamelijk betrekking op het aantal en de gemiddelde grootte van de kaartvlakken. De verlaging van het aantal kaarteenheden is onvoldoende, terwijl de complexiteit van de kaarteenheden ongunstig is voor de leesbaarheid van de kaart.

7.2.4 Vergelijking van de karteringsmethoden

De resultaten van vergelijking van paren bodemkaarten, gemaakt volgens verschillende karteringsmethoden, zijn weergegeven in de tabellen 22 en 24. Door het vergelijken van paren bodemkaarten wordt tevens een waarde-oordeel gegeven over de karteringsmethoden. Deze waardering is vooralsnog uitsluitend gebaseerd op de aangetroffen verschillen bij de nauwkeurigheidsmaten. De gegevens van de tabellen 22 en 24 zijn op overzichtelijke wijze gerangschikt in tabel 26. Daarin worden voor beide kaartschalen afzonderlijk alle mogelijke

combinaties van de vier karteringsmethoden met elkaar vergeleken. Afzonderlijk per kaartschaal is in deze tabel aangegeven welke karteringsmethode het gunstigst is bij een paarsgewijze vergelijking. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen methoden waarbij bij minder dan 7 nauwkeurigheidsmaten duidelijke verschillen worden gemeten en methoden met duidelijke verschillen bij 7 of meer nauwkeurigheidsmaten. Karteringsmethoden worden als gelijkwaardig beoordeeld, als bij geen of ten hoogste 2 nauwkeurigheidsmaten duidelijke verschillen worden gemeten.

Op grond van paarsgewijze vergelijking zijn in tabel 29 die aspecten opgesomd die, gegeven het andere aspect, een gunstige invloed hebben op de nauwkeurigheid. Bij vergelijkingen waarbij beide aspecten van de karteringsmethode variëren, moet worden volstaan met het aangeven van de gunstigste karteringsmethode. In de tabel worden uitsluitend die aspecten opgesomd, die een positieve invloed hebben op de nauwkeurigheid. Een positieve invloed van het ene aspect, bijvoorbeeld de landschappelijke afgrenzing, impliceert een negatieve invloed van het alternatieve aspect, i.c. de proximal afgrenzing.

De invloeden van de afzonderlijke aspecten op de nauwkeurigheid zijn samengevat in par. 7.2.1. Deze invloeden geven niet steeds een duidelijk inzicht in de mate van nauwkeurigheid van de verschillende karteringsmethoden. Iedere karteringsmethode bestaat uit een combinatie van twee aspecten, waarbij vaak het ene aspect een positieve en het andere aspect een negatieve invloed heeft op de nauwkeurigheid. Daarom is een onderlinge vergelijking van de nauwkeurigheden van alle bodemkaarten noodzakelijk. In tabel 30 zijn deze vergelijkingen uitgevoerd voor de beide kaartschalen afzonderlijk. De uitspraak over de mate van nauwkeurigheid is gebaseerd op het aantal nauwkeurigheidsmaten waarbij duidelijke verschillen werden gemeten. De gegeneraliseerde proximal kaarten zijn niet in de vergelijking betrokken, omdat vergelijking van de zuiverheidsmaten hier niet mogelijk is.

Uit de gegevens van tabel 30 blijkt dat de rangorde van de karteringsmethoden naar afnemende nauwkeurigheid voor de beide kaartschalen verschillend is.

Bodemkaarten, schaal 1 : 50 000

De hoogste nauwkeurigheid wordt gemeten bij de methode met aselechte keuze en proximal afgrenzing (RaPr), gevolgd door aselechte keuze en landschappelijke afgrenzing (RaFi). Dit resultaat is ogenschijnlijk in tegenspraak met de resultaten zoals die zijn gevonden voor de invloed van de afzonderlijke aspecten op de nauwkeurigheid (par. 7.2.1) en waarbij er een beperkte voorkeur wordt uitgesproken voor de landschappelijke afgrenzing als gewerkt wordt met een aselechte keuze van de waarnemingen. Met de methode aselechte/proximal zijn evenwel twee bodemkaarten gemaakt, nl. RaPr-50 met een gebruikelijke opnamedichtheid en RaPr-50,d met een lagere opnamedichtheid, terwijl bodemkaart RaFi-50,d alleen met de lagere dichtheid is opgenomen (tabel 30). Daarom kon voor het vaststellen van de invloed van de wijze van afgrenzing alleen een vergelijking worden gemaakt tussen de kaarten RaPr-50,d en RaFi-50,d. Deze valt uit ten gunste van de methode aselechte/landschappelijk (RaFi). Ten gevolge van de grotere dichtheid heeft kaart RaPr-50

t.o.v. RaPr-50,d een wat grotere nauwkeurigheid, welke die van bodemkaart RaFi-50,d, wat betreft een beperkt aantal nauwkeurigheidsmaten, overtreft.

Op de derde plaats komt de methode met gerichte waarnemingen en landschappelijke afgrenzing (PuFi); deze komt in nauwkeurigheid overeen met aselechte keuze en proximal afgrenzing bij een lagere waarnemingsdichtheid. De laagste nauwkeurigheid wordt gemeten bij de methode met gerichte waarnemingen en proximal afgrenzing (PuPr).

Bodemkaarten, schaal 1 : 10 000

De beide methoden met landschappelijke afgrenzing RaFi en PuFi zijn vrijwel gelijkwaardig en hebben bij deze kaartschaal de grootste nauwkeurigheid, gevolgd door de methode met gerichte waarnemingen en proximal afgrenzing (PuPr). De laagste nauwkeurigheid wordt gemeten bij de methode met aselechte waarnemingen en proximal afgrenzing (RaPr), waarbij ook voor deze kaartschaal geldt, dat de variant met de grotere waarnemingsdichtheid (RaPr,d) een wat hogere nauwkeurigheid oplevert.

Het verschil in rangorde naar afdalende nauwkeurigheid tussen beide kaartschalen blijkt uitsluitend betrekking te hebben op de nauwkeurigheid van de methode met aselechte keuze en proximal afgrenzing (RaPr). Bij kaartschaal 1 : 50 000 heeft deze methode een hogere nauwkeurigheid dan de andere drie methoden, terwijl bij kaartschaal 1 : 10 000 deze methode daarentegen een lagere nauwkeurigheid scoort dan de andere drie methoden. De oorzaak van dit verschil is niet gelegen in het beter functioneren van de methode aselechte/proximal op kaartschaal 1 : 50 000, maar in het relatief slechter functioneren van de methoden met gerichte keuze (PuFi-50, PuPr-50) op kaartschaal 1 : 50 000, in vergelijking tot kaartschaal 1 : 10 000. Naar onze mening geldt hiervoor de volgende verklaring. De gemiddelde oppervlakte per waarnemingspunt is bij kaartschaal 1 : 50 000 ongeveer zesmaal zo groot als bij kaartschaal 1 : 10 000. Met het toenemen van de oppervlakte, die door één waarnemingspunt wordt vertegenwoordigd, zal het bij een gerichte keuze steeds moeilijker worden een optimale keuze te doen. Dit heeft tot gevolg dat de kans op systematische afwijkingen groter wordt en daardoor de nauwkeurigheid van de kaart ongunstig wordt beïnvloed. Daarentegen neemt de kans op systematische afwijkingen bij verkleining van de kaartschaal niet toe als een aselechte keuze van de waarnemingen wordt toegepast, gezien de eigenschappen van dit keuzesysteem (par. 3.2.1).

De tot nu besproken rangorde in de nauwkeurigheid der karteringsmethoden is uitsluitend gebaseerd op de nauwkeurigheidsmaten. Wanneer de leesbaarheid van de vervaardigde bodemkaarten mede in de beoordeling wordt betrokken, moeten een aantal van deze relaties worden gewijzigd op de wijze zoals dat in par. 7.2.3.1 is aangegeven. Een overzicht van de relaties tussen de karteringsmethoden gebaseerd op zowel de nauwkeurigheidsmaten als de leesbaarheid wordt weergegeven in tabel 27. Op grond van de paarsgewijze vergelijking der bodemkaarten zijn in tabel 31 de bodemkaarten gerangschikt naar afnemende waardering, die gebaseerd is op zowel de nauwkeurigheidsmaten als de leesbaarheid.

De wijzigingen in de relaties in vergelijking met de tabellen 26 en 30, indien ook de leesbaarheid in de beoordeling wordt betrokken, zijn de volgende:

Bodemkaarten, schaal 1 : 50 000

- a. de beperkte voorkeur van aselect/proximal boven gericht/landschappelijk is gewijzigd in een beperkte voorkeur voor gericht/landschappelijk;
- b. de beperkte voorkeur voor aselect/landschappelijk boven aselect/proximal is gewijzigd in een duidelijke voorkeur voor aselect/landschappelijk.

Bodemkaarten, schaal 1 : 10 000

- a. de beperkte voorkeur voor gericht/landschappelijk boven gericht/proximal is gewijzigd in een duidelijke voorkeur voor de methode gericht/landschappelijk.

Rekening houdende met zowel de nauwkeurigheidsmaten als de leesbaarheid, kan de waardering voor de verschillende karteringsmethoden als volgt worden samengevat. Voor beide kaartschalen heeft de methode met aselecte waarnemingen en landschappelijke afgrenzing (RaFi) de hoogste waardering. Deze wordt met gering verschil gevolgd door de methode met gerichte waarnemingen en landschappelijke afgrenzing (PuFi). Voor de kaartschaal 1 : 10 000 is dit verschil zo gering, dat beide methoden als gelijkwaardig kunnen worden beschouwd. Voor de kaartschaal 1 : 50 000 komt de methode aselect/proximal (RaPr) op de derde plaats en heeft de methode gericht/proximal (PuPr) de laagste waardering.

Bij de kaartschaal 1 : 10 000 is er een verwisseling in waardering voor deze beide methoden. De methode gericht/proximal (PuPr) komt hier op de derde plaats en heeft een duidelijk hogere waardering dan de methode aselect/proximal (RaPr). De rangorde en de onderlinge verschillen in waardering zijn schematisch weergegeven in figuur 11.

7.3 Invloed van omzetten in een globalere classificatie en van schaalverkleining op de nauwkeurigheid van bodemkaarten

Voor één bodemkaart is de invloed van het gebruik van een globalere classificatie en van schaalverkleining nagegaan. Het betreft de bodemkaart met aselecte waarnemingen en landschappelijke afgrenzing (RaFi-10,d), waarvan twee extra kaarten zijn afgeleid. De eerste afgeleide kaart (A) betreft het omzetten van de opdrachtenclassificatie in de globalere kaartbladenclassificatie. Bij de tweede afgeleide kaart (B) is van de kaart met de globalere classificatie vervolgens de kaartschaal verkleind van 1 : 10 000 naar 1 : 50 000 en zijn tevens de kaartvlakken vergroot tot voor de kaartschaal 1 : 50 000 aanvaardbare afmetingen. Voor beide afgeleide kaarten zijn afzonderlijk alle nauwkeurigheidsberekeningen uitgevoerd en vergeleken met de oorspronkelijke bodemkaart RaFi-10,d. De invloed van de classificatiewijziging en de schaalverkleining op de nauwkeurigheid is weergegeven in tabel 32, terwijl de invloed op de aantallen kaarteenheden en kaartvlakken en op de kaartvlakgrootte is weergegeven in tabel 33.

De omzetting naar de globalere kaartbladenclassificatie blijkt weinig invloed te hebben op het uiterlijk van de kaart. Het aantal

onderscheiden kaarteenheden vermindert slechts met twee. Het betreft hier twee eenheden die beide slechts door een zeer kleine oppervlakte op de kaart vertegenwoordigd zijn (tabel 33; kaart A). Het aantal afgegrensde kaartvlakken blijft evenwel gelijk. Het blijkt dat er zich geen situatie voordoet waarbij aan elkaar grenzende kaartvlakken kunnen worden samengevoegd bij het omzetten in de globalere classificatie. Als gevolg van de ruimere klassen bij de kaartbladen-classificatie neemt de zuiverheid van de afgeleide kaart A toe (tabel 32; kaart A). Strikte zuiverheid en gemiddelde zuiverheid stijgen met resp. 5 en 10%. Ook bij de drie partiële zuiverheden fijnheid van het zand, lemigheid en toevoegingen is er een aanzienlijke toename van de zuiverheid. De twee partiële zuiverheden subgroep-niveau en grondwatertrap blijven evenwel ongewijzigd, omdat voor deze beide aspecten de klasse-indeling bij beide classificaties gelijk is.

De waarden voor de homogeniteit van de geschiktheid en voor de spreiding van bodemeigenschappen blijken na omzetting in de globale classificatie vrijwel ongewijzigd. In het onderzochte geval, waarbij er aan de afgrenzingen op de kaart vrijwel niets verandert, kunnen er zich per definitie geen veranderingen voordoen in de waarden voor de homogeniteitsindex en voor de spreidingen.

De invloed van het omzetten in de globalere kaartbladenclassificatie blijkt behoudens voor de zuiverheidspercentages weinig invloed te hebben op de nauwkeurigheid, terwijl ook het kaartbeeld vrijwel gelijk blijft. In de praktijk wordt de kaartbladenclassificatie evenwel alleen gebruikt voor bodemkaarten op schaal 1 : 50 000. Daarom is van kaart A een tweede kaart afgeleid, waarbij de schaal is verkleind van 1 : 10 000 naar 1 : 50 000 en waarbij de kaartvlakken zijn vergroot tot voor die kaartschaal aanvaardbare afmetingen. De invloed die schaalverkleining heeft op de nauwkeurigheid van de kaart, is weergegeven in tabel 32 (kaart B), terwijl de invloed op het aantal kaarteenheden en aantal en grootte van de kaartvlakken is af te leiden uit tabel 33 (kaart B).

Door de schaalverkleining is het aantal onderscheiden kaarteenheden gedaald met 60% van 34 naar 14 en het aantal kaartvlakken met ruim 80% van 131 naar 24. Daarbij is de gemiddelde kaartvlakgrootte gestegen van 2,7 naar 16,6 ha. Dit resultaat is vrijwel uitsluitend bereikt door het samenvoegen van kaartvlakken, waarbij vrijwel geen nieuwe bodemgrenzen zijn ontstaan. Vele kleine kaartvlakjes zijn als onzuiverheid opgenomen binnen de vergrote kaartvlakken. Bij het samenvoegen van kaartvlakken is vrijwel geen gebruik gemaakt van de mogelijkheid tot het formeren van complexe kaarteenheden. Alleen wat betreft de grondwaterklassen is er bij twee kaarteenheden gewerkt met een combinatie van twee grondwaterklassen.

De schaalverkleining en de daarmee gepaard gaande vergroting van de kaartvlakken heeft een negatieve invloed op de nauwkeurigheid van de kaart (tabel 32; kaart B). De zuiverheidspercentages zijn wat lager dan die voor kaart A, bij welke alleen omzetting van de classificatie is toegepast. Ze zijn evenwel duidelijk hoger dan de waarden die gelden voor de oorspronkelijke kaart RaFi-10,d, met een opdrachtenclassificatie. De negatieve invloed van de schaalverkleining komt vooral tot uiting in de homogeniteit voor de geschiktheid en in de spreiding van de bodemeigenschappen. De homogeniteitsindi-

ces voor rogge en gras zijn beide duidelijk lager, terwijl er een grotere spreiding wordt gemeten voor nagenoeg alle onderzochte bodemeigenschappen. Bij 7 van de 16 bodemeigenschappen is er zelfs sprake van een aanzienlijk grotere spreiding.

In tegenstelling tot de omzetting in een globalere classificatie blijkt schaalverkleining een duidelijk negatieve invloed te hebben op de nauwkeurigheid van de bodemkaart.

7.4 Discussie

De bespreking van de resultaten van het onderzoek zal toegepast worden op een achttal items. Begonnen wordt met een discussie over de keuze van de criteria voor het beoordelen van bodemkaarten en de betekenis die de verschillende nauwkeurigheidsmaten hebben voor de gebruikers van bodemkaarten. Vervolgens worden de resultaten van het nauwkeurigheidsonderzoek besproken in relatie tot die van buitenlandse onderzoeken.

De waardering voor de verschillende karteringsmethoden wordt in eerste instantie gebaseerd op de nauwkeurigheidsmaten. De nauwkeurigheid van elk van de bodemkaarten is evenwel het resultaat van de som van de afzonderlijke invloeden die de wijze van boorpuntenkeuze en de wijze van afgrenzing hebben op die nauwkeurigheid. Een bespreking van de afzonderlijke invloed van deze beide aspecten op de nauwkeurigheid gaat vooraf aan de discussie over de waardering van de karteringsmethoden.

Behalve de nauwkeurigheid speelt ook de leesbaarheid van de kaart een rol bij de waardering. Omdat er tussen de kaarten verschillen in leesbaarheid bestaan, wordt nagegaan in hoeverre de waardering voor de karteringsmethoden zich wijzigt als ook de leesbaarheid in de beoordeling wordt betrokken.

Bij de bespreking van de nauwkeurigheid van de bodemkaart wordt ingegaan op de bodemkundige variatie op korte afstand en de consequenties die deze variabiliteit heeft op de nauwkeurigheid. Tot slot worden mogelijkheden tot verbetering van de nauwkeurigheid van bodemkaarten besproken.

De keuze van de criteria voor het beoordelen van bodemkaarten

Bij het meten van de kwaliteit van een bodemkaart is de keuze van de criteria, waarmee die kwaliteit wordt gemeten, zeer belangrijk. Het verdient aanbeveling deze keuze af te stemmen op het doel waarvoor de desbetreffende bodemkaart wordt gebruikt. Het uiteindelijk gebruik van de kaart is evenwel niet altijd bekend. Bovendien worden veel bodemkaarten voor zeer verschillende doeleinden gebruikt. Een algemene beoordeling van de kwaliteit van bodemkaarten dient daarom gebaseerd te zijn op nauwkeurigheidsmaten van uiteenlopende aard.

Uitspraken over de kwaliteit van een bodemkaart hebben alleen geldigheid voor die aspecten van de kaart, waarvan de nauwkeurigheid is vastgesteld. Een hoge nauwkeurigheid voor bepaalde eigenschappen is geen waarborg dat de nauwkeurigheid voor andere eigenschappen ook hoog zal zijn. Dit blijkt duidelijk uit vergelijking van bijv. de bodemkaarten PuFi-50 en RaPr-50 (tabel 16). Wat be-

treft de spreiding voor GHG, bewortelingsdiepte, vochtleverend vermogen en nalevering blijkt de kaart RaPr-50 homogener te zijn dan kaart PuFi-50. Kaart PuFi-50 is evenwel nauwkeuriger wat betreft strikte en gemiddelde zuiverheid en de partiële zuiverheden voor leemigheid en grondwaterklasse.

Naast de 25 nauwkeurigheidsmaten is in dit onderzoek ook de leesbaarheid als beoordelingscriterium gebruikt. Met behulp van enkele globale kengetallen is getracht de leesbaarheid van de kaarten te karakteriseren. De uiteindelijke waardering van de kaartingsmethoden en van de daarmee gemaakte bodemkaarten wordt mede bepaald door de op deze wijze gemeten leesbaarheid.

De betekenis van de nauwkeurigheidsmaten voor de kaartgebruiker

De zuiverheid wordt vrij algemeen gebruikt als maat voor de nauwkeurigheid van bodemkaarten (Wilding et al., 1965; Beckett and Webster, 1971; Bie and Beckett, 1971). Het is een objectieve maat, maar de betekenis voor de kaartgebruiker is beperkt. Zuiverheidspercentages geven uitsluitend informatie over de nauwkeurigheid met betrekking tot de in het gebruikte classificatiesysteem aanwezige klassegrenzen. Er wordt slechts een globale informatie over de nauwkeurigheid verstrekt, waarvan het verband met de waarde van de kaart voor specifieke toepassingen onduidelijk is. Daarbij wordt er geen onderscheid gemaakt tussen belangrijke en minder belangrijke indelingscriteria. Ook de mate waarin de waarden voor de verschillende indelingscriteria de gestelde klassegrenzen overschrijden, komen niet tot uitdrukking in de hoogte van de zuiverheidspercentages. De beperkte betekenis van zuiverheidspercentages geldt vooral voor de strikte zuiverheid. Dit is een complexe en ongewogen maat, die informatie geeft over de nauwkeurigheid van alle in de classificatie onderscheiden criteria. Het grootste bezwaar van de strikte zuiverheid is evenwel dat een bodemprofiel, waarbij voor slechts één criterium een klassegrens wordt overschreden, een gelijke verlaging van het percentage tot gevolg heeft als een bodemprofiel waarbij voor meer of voor alle indelingscriteria de klassegrenzen worden overschreden. De lage waarden voor de strikte zuiverheid in dit onderzoek worden voor een belangrijk deel veroorzaakt door bodemprofielen waarbij de onzuiverheid betrekking heeft op slechts een of twee van de indelingscriteria. Hieruit blijkt dat de correlatie tussen de bodemeigenschappen - het zgn. correlatief complex - minder hoog is dan in het verleden wel werd aangenomen.

De partiële zuiverheid is een minder abstracte maat dan de strikte zuiverheid. Vooral partiële zuiverheden die betrekking hebben op één bodemeigenschap, zijn van belang voor bepaalde specifieke toepassingen. Toch zal in de praktijk veelal de voorkeur worden gegeven aan informatie over de spreiding van belangrijk geachte bodemeigenschappen.

De gemiddelde zuiverheid is een abstracte ongewogen parameter, die geen verband houdt met specifieke toepassingen. Het is de gemiddelde waarde van alle partiële zuiverheden, die samen het gehele stelsel van indelingscriteria van de classificatie bestrijken. Het voordeel van de gemiddelde zuiverheid is dat in één cijfer informatie wordt verstrekt over de zuiverheid van de kaart met betrekking tot alle gebruikte indelingscriteria. De gemiddelde zuiverheid komt

het meest overeen met het bij de Stichting voor Bodemkartering van oudsher gehanteerde begrip zuiverheid.

Een tweede groep van nauwkeurigheidsmaten die in dit onderzoek is gebruikt, zijn de spreidingen voor bodemeigenschappen. De spreiding geeft een indruk van de kwaliteit van een kaart voor zeer specifieke doeleinden. Zij wordt verondersteld een bruikbare maat te zijn voor technische gebruikers, zoals cultuurmaatschappijen en de landinrichtingsdienst. De spreiding kan berekend worden voor zeer uiteenlopende eigenschappen. Een nadeel is dat de spreidingen van zeer uiteenlopende eigenschappen niet in een samenvattend geheel kunnen worden weergegeven.

De derde groep van nauwkeurigheidsmaten heeft betrekking op de homogeniteit van kaarteenheden met betrekking tot de bodemgeschiktheid. In dit onderzoek is een homogeniteitsindex berekend voor de landbouwkundige toepassing van twee specifieke gewassen. In principe kan de homogeniteit van de kaart berekend worden voor elke denkbare vorm van toepassing. De homogeniteit voor de geschiktheid is gericht op de toepassingen van de bodemkaart. Zij is met name van belang voor algemeen landbouwkundige of planologische toepassingen. De hoogte van de homogeniteitsindices van de bodemkaarten is niet alleen afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee de classificatie-eenheden in kaart zijn gebracht, maar ook van de variabiliteit binnen deze eenheden met betrekking tot de desbetreffende toepassing.

Het geheel van nauwkeurigheidsmaten overziende, stellen wij dat strikte en gemiddelde zuiverheid voor kaartgebruikers maar een zeer beperkte betekenis hebben. Partiële zuiverheden kunnen voor bepaalde toepassingen nuttige informatie verschaffen, in het bijzonder als het desbetreffende percentage betrekking heeft op slechts één of enkele verwante bodemeigenschappen. Een deel van de bezwaren van zuiverheidswaarden in het algemeen blijven echter ook voor partiële zuiverheden gelden.

Spreidingen van bodemeigenschappen en homogeniteitsindices geven rechtstreeks informatie over de bruikbaarheid van een kaart voor bepaalde toepassingen. Ze zijn daarom voor kaartgebruikers te verkiezen boven zuiverheidsmaten. Spreidingen en homogeniteitsindices geven elk slechts informatie over de nauwkeurigheid ten aanzien van een beperkt traject binnen het totaal van de op de bodemkaart verstrekte informatie. De nauwkeurigheid van een kaart kan gemeten worden door toepassing van een combinatie van nauwkeurigheidsmaten. Het verdient aanbeveling om van geval tot geval een combinatie van nauwkeurigheidsmaten te kiezen, die zoveel mogelijk is afgestemd op de toepassing(en) van de desbetreffende bodemkaart.

De resultaten van het nauwkeurigheidsonderzoek in relatie tot die van buitenlandse onderzoeken

Gegevens over de zuiverheid van bodemkaarten in buitenlandse onderzoeken hebben vrijwel steeds betrekking op de strikte zuiverheid. Slechts incidenteel worden gegevens over partiële zuiverheden vermeld, zoals ten aanzien van "drainage class" en "parent material". Deze partiële zuiverheden hebben evenwel betrekking op aspecten die wat hun aard en definiëring betreft sterk land- en classificatie-gebonden zijn, waardoor vergelijking met de in dit onderzoek gevonden waarden niet zinvol lijkt.

Ten aanzien van de strikte zuiverheid worden in het buitenland, vooral in de recente onderzoeken (Ragg and Henderson, 1980),

vrij lage waarden gevonden. Evenwel zijn de waarden in het algemeen vrijwel steeds hoger dan de in dit onderzoek gevonden waarden van $\pm 10\%$. Het zonder meer vergelijken van zuiverheidswaarden uit verschillende bronnen heeft weinig zin, omdat de absolute waarde in sterke mate afhankelijk is van de gedetailleerdheid en het niveau van classificatie dat is gebruikt voor het berekenen van de zuiverheid. Wilding et al. (1965) heeft voor een aantal kaarteenheden in de Verenigde Staten de zuiverheid onderzocht voor verschillende niveaus van classificatie. Hij vindt voor great soil group, subgroup, series en type niveau resp. waarden van 96, 85, 42 en 39%. Elders en voor andere kaarteenheden worden voor order, great soil group, subgroup en series niveau, resp. de waarden 74, 44, 22 en 17% gevonden (McCormack and Wilding, 1969). Door Wilding et al. (1965) worden geen gegevens vermeld voor het fase-niveau. Bij McCormack and Wilding (1969) ontbreken de gegevens over zowel het type- als het fase-niveau. Redelijkerwijs mag worden aangenomen, dat voor deze laagste niveaus van classificatie nog lagere dan de genoemde zuiverheidswaarden gelden.

Bij vergelijking van de hier genoemde zuiverheidspercentages met de in dit onderzoek gevonden waarden voor de strikte zuiverheid, moet bedacht worden dat laatstgenoemde betrekking heeft op het laagste niveau van de Nederlandse classificatie. Aangezien de laagste niveaus van de Nederlandse classificatie niet systematisch-hiërarchisch zijn ingedeeld, is een volmaakte vergelijking met andere classificatiesystemen niet mogelijk. Globaal kan evenwel gesteld worden dat het laagste niveau van de Nederlandse classificatie deels overeenkomt met het type-niveau, deels met het fase-niveau van de classificaties in de Engelstalige landen.

De lagere waarden voor de strikte zuiverheid in dit onderzoek kunnen voor een deel veroorzaakt zijn door het lagere niveau van classificatie dat is toegepast. Wij zijn evenwel van mening dat de belangrijkste oorzaak gelegen is in de meer morfometrische en nauwere definities van de criteria in het Nederlandse systeem in vergelijking met die in buitenlandse systemen. Duidelijk komt dit tot uiting bij vergelijking van de klasse-indelingen voor de grondwaterklassen met de definities voor de drainage classes en bij vergelijking van de definities voor de benaming naar de textuur van zandgronden. Anderzijds kunnen de hogere percentages in het buitenland mede veroorzaakt zijn door het onderscheiden van "intergrades" en het vaker werken met overlappende klassen dan in het Nederlandse systeem.

Gegevens over de spreiding van bodemeigenschappen zijn door veel buitenlandse onderzoekers verzameld. Voor een deel betreft het evenwel bodemeigenschappen die pedogenetisch interessant kunnen zijn, maar die de kaartgebruiker nauwelijks interesseren, zoals kleurcriteria (hue, chroma, value) van vlekken en van bodemhorizonten. Bij de bespreking van de resultaten van buitenlandse onderzoeken zullen wij ons daarom beperken tot de meer relevante bodemeigenschappen.

Evenals in een aantal buitenlandse onderzoeken, wordt in dit onderzoek de waarde van de spreidingen die voor de verschillende bodemkaarten zijn berekend, beoordeeld tegen de achtergrond van de in het gebied aanwezige totale spreiding voor de desbetreffende eigenschappen. Overzichten van onderzoek naar de spreiding van bodemei-

genschappen worden gegeven door Western (1978) en Beckett and Webster (1971). Bij Beckett and Webster wordt gewerkt met de variatiecoëfficiënt ($CV = \frac{\text{standaardafwijking}}{\text{gemiddelde}} \times 100$) als maat voor de spreiding.

Naar gelang van de hoogte van de variatiecoëfficiënt onderscheiden zij drie groepen van bodemeigenschappen:

groep I CV ca. 20%: zandgehalte, kleigehalte, totaal fosfaat,

groep II CV ca. 35%: humusgehalte, adsorptiecapaciteit, totaal stikstof,

groep III CV ca. 60%: beschikbaar kalium, fosfaat, magnesium, calcium. Zij komen tot de conclusie dat de waarden voor classificatie-eenheden nauwelijks lager zijn dan die voor de overeenkomstige kaarteenheden.

Om vergelijking mogelijk te maken, zijn alle standaardafwijkingen voor de 16 bodemeigenschappen uit dit onderzoek omgerekend tot variatiecoëfficiënten. Dan blijkt dat de waarden voor de spreiding binnen kaarteenheden uit ons onderzoek voor ongeveer de helft van de eigenschappen overeenkomen met die in groep I (CV ca. 20%) en voor de andere helft met die in groep II (CV ca. 35%). Alleen bij de eigenschap "humusgehalte op 50 cm diepte" komt de spreiding overeen met die van groep III met gemiddelde waarden voor de variatiecoëfficiënt van 70 en 94%. In tegenstelling tot wat werd gevonden door Beckett and Webster (1971) zijn de spreidingen binnen de classificatie-eenheden in dit onderzoek aanzienlijk kleiner dan die binnen de kaarteenheden. Globaal variëren de variatiecoëfficiënten binnen de classificatie-eenheden tussen 40 à 70% van die van de kaarteenheden. Dit geldt voor beide classificaties waarbij zeer lage variatiecoëfficiënten van 10 à 15% worden gemeten voor de eigenschappen GHG, GLG en vochtleverend vermogen voor gras en rogge.

In het onderzoek van Beckett and Burrough (1971) in Berkshire wordt gewerkt met de relatieve variantie (RV) als maat voor de spreiding van bodemeigenschappen ($RV = \frac{\text{variantie binnen eenheden}}{\text{totale variantie}}$).

Hierbij zijn onder andere gegevens verzameld van de volgende eigenschappen: lutum-, zand- en humusgehalte, diepten voor kalk, grind, vlekken en gesteente. Voor vergelijking met de resultaten van ons onderzoek zijn de door Beckett en Burrough gevonden relatieve varianties omgerekend tot relatieve standaardafwijkingen. In ons onderzoek variëren de spreidingen voor de verschillende eigenschappen bij de bodemkaarten ongeveer tussen 55 en 80 (tabel 17). In Berkshire blijken deze spreidingen groter te zijn nl. tussen 70 en 100%, waarbij in meer dan de helft van de gevallen de waarde tussen 90 en 100% ligt. Evenals bij Beckett and Webster (1971) zijn de relatieve spreidingen binnen de classificatie-eenheden niet of nauwelijks kleiner dan die binnen de kaarteenheden. Alleen bij enkele definiërende bodemeigenschappen met betrekking tot de diepte van kalk, grind, vlekken en gesteente worden voor de classificatie aanzienlijk kleinere relatieve spreidingen gevonden, en wel van 45 à 55%. Deze komen goed overeen met de relatieve spreidingen voor bijvoorbeeld bewortelingsdiepte en vochtleverend vermogen voor gras en rogge in ons onderzoek. Voor het totaal van alle 16 bodemeigenschappen uit ons onderzoek varieert de relatieve spreiding voor beide classificaties globaal tussen 25 en 50%.

Globaal kunnen we stellen dat de spreidingen voor de bodemkaarten in ons onderzoek overeenkomen met de waarden die samengevat zijn door Beckett and Webster (1971) maar kleiner zijn dan de waarden die door Beckett and Burrough (1971) zijn gevonden in Berkshire. De spreidingen voor de door ons onderzochte classificaties zijn over het algemeen duidelijk kleiner dan de door genoemde onderzoekers gevonden spreidingen. De lagere spreidingen voor de beide classificaties worden naar onze mening vooral veroorzaakt door de grotere gedetailleerdheid en morfometrie bij de criteria van het Nederlandse classificatiesysteem. Dit leidt enerzijds tot lagere waarden voor de strikte zuiverheden van de bodemkaarten, maar anderzijds tot kleinere spreidingen binnen de classificatie-eenheden.

De homogeniteit van de kaart met betrekking tot de geschiktheid voor bepaalde toepassingen wordt in dit onderzoek gemeten met de homogeniteitsindex. We hebben in de literatuur geen voorbeelden gevonden waarin de homogeniteit voor toepassingsdoeleinden wordt gemeten, zodat vergelijking van onze onderzoeksresultaten met die van anderen niet mogelijk is. Wel wordt door verschillende onderzoekers gewezen op de betekenis van de homogeniteit van kaarteenheden voor toepassingen, waarbij soms de eisen voor de hoogte van zuiverheidspercentages ondergeschikt worden gemaakt aan die homogeniteit (Wilding et al., 1965; Soil Survey Staff, 1975).

De hoogte van de homogeniteitsindices voor de bodemkaarten wordt niet alleen bepaald door de nauwkeurigheid waarmee de classificatie-eenheden bij het karteren zijn gebruikt, maar ook door de variabiliteit binnen de classificatie-eenheden. De in dit onderzoek gebruikte classificaties blijken niet volledig homogeen te zijn voor de onderscheiden geschiktheidsklassen voor rogge en gras. Ook zijn de homogeniteitsindices voor de meer gedetailleerde opdrachtenclassificatie niet hoger dan die voor de kaartbladenclassificatie. Dit wordt veroorzaakt door de grotere variabiliteit van de bodem in gebied B, waar de meer gedetailleerde classificatie is toegepast.

De homogeniteitsindices lopen voor de verschillende kaarten niet ver uiteen. Het niveau ligt evenwel aanzienlijk beneden het theoretisch haalbare maximum van het gebruikte classificatiesysteem. Wel ligt het niveau van de homogeniteitsindices bij de kaarten, schaal 1 : 10 000, duidelijk hoger dan bij de kaarten, schaal 1 : 50 000. De grotere homogeniteit bij de kaarten, schaal 1 : 10 000, is geheel toe te schrijven aan de hogere waarnemingsdichtheid en de grotere mogelijkheden voor een gedetailleerde weergave op de kaart.

Een bezwaar van de homogeniteitsindex is dat een geringe afwijking van de ideale situatie al een vrij grote daling van de index veroorzaakt. Daarom is getracht met een eenvoudige maat aan te geven, wat de betekenis van de verschillende waarden van de index is voor de oppervlakteverdeling van de geschiktheidsklassen. Eenvoudigheidshalve wordt volstaan met het aangeven van het oppervlaktepercentage van de meest voorkomende geschiktheidsklasse. Dit oppervlaktepercentage wordt gegeven voor een aantal belangrijke kaarteenheden en voor de beide classificatiesystemen.

Bij de beide classificaties blijken de bodemprofielen binnen de individuele classificatie-eenheden gemiddeld voor ca. 80% tot

één geschiktheidsklasse te behoren. Bij enkele belangrijke kaarteenheden op bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, varieert het oppervlaktepercentage met de meest voorkomende geschiktheidsklasse voor rogge tussen 40 en 75% en voor gras tussen 55 en 80%. Bij enkele belangrijke kaarteenheden op bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, variëren deze oppervlaktepercentages voor rogge tussen 40 en 65% en bij de geschiktheid voor gras tussen 60 en 75%. De resterende oppervlaktepercentages zijn verdeeld over 2 of 3 andere geschiktheidsklassen (tabel 34). De hier besproken belangrijke kaarteenheden nemen gezamenlijk op elk van de onderzochte bodemkaarten verschillende oppervlakten in. Afhankelijk van de soort bodemkaart en de kaartschaal varieert hun gezamenlijke oppervlakte tussen 10 en 40% van het totale kaartoppervlak. Een vrij groot gedeelte van de kaarten, vooral bij de proximal kaarten, wordt ingenomen door kaarteenheden die elk slechts een zo kleine oppervlakte vertegenwoordigen, dat de oppervlakteverdeling van de geschiktheidsklassen niet betrouwbaar kan worden geschat. Bij vergelijking van de homogeniteitsindices voor de bodemkaarten (tabel 16) met de frequentieverdeling der geschiktheidsklassen in tabel 15 blijkt, dat het oppervlaktepercentage van de meest voorkomende geschiktheidsklasse gemiddeld voor rogge ca. 50 is en die voor gras ca. 60. Deze waarden voor de kaart als geheel zijn dus iets lager dan de waarden voor de hierboven besproken belangrijkste kaarteenheden.

Hoewel de kaarten maar in beperkte mate homogeen blijken te zijn voor de geschiktheid, zijn oppervlaktepercentages van 50 en 60 voor de meest voorkomende geschiktheidsklasse toch aanzienlijk hoger dan op grond van de waarden voor de strikte zuiverheid (ca. 10%) zou kunnen worden verwacht. Te meer nog als bedacht wordt, dat de bodemprofielen binnen de individuele classificatie-eenheden gemiddeld slechts voor 80% tot één geschiktheidsklasse behoren. Op grond van bovenstaande gegevens alsmede van de gegevens van tabel 34 moet worden geconcludeerd, dat een belangrijk deel van onzuiverheden binnen de kaartvlakken tot dezelfde geschiktheidsklasse behoren als die welke overwegend van toepassing is voor de zuivere delen.

De constatering dat lage zuiverheden gepaard kunnen gaan met een redelijke homogeniteit wat betreft de geschiktheid is niet nieuw. Reeds in 1965 concludeerde Wilding dat lage zuiverheidspercentages geen afspiegeling van de kwaliteit of de betrouwbaarheid van de kartering zijn, in het geval dat die onzuiverheden zich niet duidelijk anders gedragen dan het "overheersende bodemprofiel" (Wilding et al., 1965). Hij stelt dan ook voor om aan de kaarteenheden de naam toe te kennen van het "overheersende bodemprofiel", zonder vermelding van zuiverheidspercentages. Ook in het Amerikaanse classificatiesysteem (Soil Survey Staff, 1975) wordt veel betekenis gehecht aan de homogeniteit van de kaarteenheden voor de toepassingen. Het toegestane percentage onzuiverheden voor enkelvoudige kaarteenheden wordt daarin afhankelijk gesteld van de mate waarin de bodemprofielen in het zuivere deel en in het onzuivere deel van een kaartvlak overeenstemmen in geschiktheid voor toepassingen. Voor enkelvoudige kaarteenheden worden slechts 15% onzuiverheden toegestaan, als de desbetreffende bodemprofielen sterk contrasterend zijn. Als de bodemprofielen in het zuivere en in het onzuivere deel echter gelijkwaardig zijn voor de geschiktheid, dan mogen de onzuiver-

verheden 50% van de oppervlakte van een kaartvlak innemen (Soil Survey Staff, 1975, pag. 408-409).

De invloed van de afzonderlijke aspecten van de karteringsmethode op de nauwkeurigheid

Deze blijkt voor kaarten van beide kaartschalen niet gelijk te zijn. Uitgaande van een proximal afgrenzing is een aselechte keuze duidelijk gunstiger dan een gerichte keuze bij bodemkaarten, schaal 1 : 50 000. Bij bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, is daarentegen een gerichte keuze duidelijk gunstiger. Dit verschil wordt veroorzaakt door de verschillen in waarnemingsdichtheid en grootte der kaartvlakken die er tussen de bodemkaarten van beide kaartschalen bestaan. Bij de proximal kaarten, schaal 1 : 10 000, is de gemiddelde afstand tussen de waarnemingspunten 80 à 90 meter en vertegenwoordigt de gemiddelde kaartvlakgrootte ca. 1 ha. Bij de proximal kaarten, schaal 1 : 50 000, zijn deze getallen resp. 200 à 250 meter en ca. 7 ha. De proximal kaarten van beide kaartschalen hebben gemeen, dat het merendeel der kaartvlakken is gebaseerd op één waarnemingspunt. Bij een combinatie van grote waarnemingsdichtheid en kleine kaartvlakken, zoals bij proximal kaarten, schaal 1 : 10 000, blijkt een gerichte keuze duidelijk nauwkeuriger te zijn. Bij lagere waarnemingsdichtheden en grotere kaartvlakken heeft een aselechte keuze duidelijk de voorkeur.

Uitgaande van een landschappelijke afgrenzing zijn de verschillen in nauwkeurigheid tussen aselechte en gerichte keuze geringer dan bij een proximal afgrenzing. Bij een landschappelijke afgrenzing is de gemiddelde oppervlakte der kaartvlakken bij beide kaartschalen aanzienlijk groter dan bij een proximal afgrenzing, terwijl het aantal onderscheiden kaarteenheden veel geringer is. Dit heeft tot gevolg dat het aantal waarnemingspunten per kaarteenheid bij kaarten met een landschappelijke afgrenzing veel groter is dan bij een proximal afgrenzing. Onder deze omstandigheden blijkt er weinig verschil te zijn tussen een aselechte keuze en een gerichte keuze van waarnemingen. Bij de kaarten met kaartschaal 1 : 50 000 is er een geringe voorkeur voor een aselechte keuze. Bij een kaartschaal 1 : 10 000 zijn beide keuzemogelijkheden vrijwel gelijkwaardig wat betreft hun nauwkeurigheid.

Bij het vaststellen van de invloed van de wijze van afgrenzing op de nauwkeurigheid van de kaart moet onderscheid worden gemaakt tussen een gerichte keuze en een aselechte keuze van waarnemingspunten.

Uitgaande van een gerichte keuze van waarnemingspunten blijkt de landschappelijke afgrenzing bij kaartschaal 1 : 50 000 duidelijk nauwkeuriger te zijn dan de proximal afgrenzing. Bij de kaartschaal 1 : 10 000 is de landschappelijke afgrenzing voor een beperkt aantal nauwkeurigheidsmaten nauwkeuriger. De afgrenzing met behulp van landschappelijke kenmerken blijkt een nauwkeuriger kaart op te leveren, ondanks de grotere kaartvlakken die met de landschappelijke afgrenzing gepaard gaan.

Uitgaande van een aselechte keuze van waarnemingspunten is ook bij de kaartschaal 1 : 10 000 de landschappelijke afgrenzing duidelijk nauwkeuriger dan een proximal afgrenzing. Voor de kaartschaal 1 : 50 000 is een landschappelijke afgrenzing slechts voor enkele nauwkeurigheidsmaten nauwkeuriger dan een proximal afgrenzing. De

variant van de proximal kaart met een hogere waarnemingsdichtheid RaPr-50 heeft zelfs een iets hogere nauwkeurigheid dan de kaart met de landschappelijke afgrenzing.

Bij de kaartschaal 1 : 10 000 blijkt de voorkeur voor een landschappelijke afgrenzing groter bij een aselechte keuze dan bij een gerichte keuze. Bij de kaartschaal 1 : 50 000 daarentegen is er een duidelijke voorkeur voor landschappelijke afgrenzing bij een gerichte keuze, maar is er nauwelijks voorkeur bij een aselechte keuze. De oorzaak van het relatief geringe succes van de landschappelijke afgrenzing bij toepassing van een aselechte keuze van de kaartschaal 1 : 50 000 is niet duidelijk. Wel is het de verdienste van de landschappelijke afgrenzing, dat deze een kaart oplevert met een gemiddelde kaartvlakgrootte van 44 ha die dan toch nog iets nauwkeuriger is dan de kaart met een proximal afgrenzing en een gemiddelde kaartvlakgrootte van 9 ha; bovendien is deze kaart maar weinig minder nauwkeurig dan de kaart met proximal afgrenzing en hogere waarnemingsdichtheid en een gemiddelde kaartvlakgrootte van 6,5 ha.

De waardering van de karteringsmethoden op grond van de nauwkeurigheidsmaten

Bij het waarderen van de karteringsmethoden wordt onderscheid gemaakt tussen een waardering die uitsluitend gebaseerd is op de nauwkeurigheid (nauwkeurigheidsmaten) en een waardering die gebaseerd is op nauwkeurigheid en leesbaarheid samen. De rangorde naar nauwkeurigheid wordt in dit onderzoek afhankelijk gesteld van het aantal nauwkeurigheidsmaten, waarvoor bij een bodemkaart een gunstiger resultaat wordt behaald. Daarbij moet bedacht worden dat de verschillen tussen de nauwkeurigheidsmaten van de volgens verschillende karteringsmethoden gemaakte bodemkaarten vrij gering zijn.

Als uitsluitend op nauwkeurigheid wordt beoordeeld, zijn de onderlinge verschillen bij de bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, vrij gering. Alleen de methode gericht/proximal (PuPr) is duidelijk minder nauwkeurig dan de andere drie karteringsmethoden. De hoogste nauwkeurigheid wordt gemeten bij de methode aselekt/proximal (RaPr) gevolgd door de methode aselekt/landschappelijk (RaFi-d) met een iets geringere nauwkeurigheid. Laatstgenoemde methode is evenwel uitgevoerd met een lagere waarnemingsdichtheid. Worden beide methoden vergeleken bij dezelfde lage waarnemingsdichtheid, dan heeft de methode aselekt/landschappelijk (RaFi-d) daarentegen een iets hogere nauwkeurigheid.

Bij de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, is het aantal nauwkeurigheidsmaten met duidelijke verschillen groter en is ook de volgorde naar afnemende nauwkeurigheid anders dan bij de kaartschaal 1 : 50 000. De hoogste nauwkeurigheid wordt gemeten bij de methoden aselekt/landschappelijk (RaFi-d) en gericht/landschappelijk (PuFi); zij zijn vrijwel gelijkwaardig. De methode gericht/proximal (PuPr) is minder nauwkeurig, terwijl de methode aselekt/proximal (RaPr) duidelijk de laagste nauwkeurigheid scoort.

Opvallend is de hoge waardering voor de methode aselekt/proximal (RaPr) bij de kaartschaal 1 : 50 000 en de lage waardering voor deze methode bij de kaartschaal 1 : 10 000. Dit verschil in waardering hangt samen met de verschillen in waarnemingsdichtheid en in gemiddelde

kaartvlakgrootte die er tussen kaarten van beide kaartschalen bestaan. Bij de kaartschaal 1 : 50 000 vertegenwoordigt één waarneming gemiddeld ca. 5 ha, bij de kaartschaal 1 : 10 000 is dit ca. 0,7 ha. Bij de in het onderzoeksgebied aanwezige bodemvariabiliteit blijkt een oppervlakte van 5 ha te groot te zijn om een optimaal waarnemingspunt te kiezen via het systeem van de gerichte keuze en zal in het algemeen een aselechte keuze gunstiger zijn. Dit is vooral het geval bij proximal kaarten met aselechte keuze (RaPr), omdat bij deze kaarten in het overgrote deel van de kaartvlakken slechts één waarnemingspunt voorkomt en de benoeming van die kaart vlakken uitsluitend is gebaseerd op de eigenschappen aangetroffen bij dat punt.

De kleine oppervlakte per waarnemingspunt bij de kaartschaal 1 : 10 000 is gunstig voor een gerichte keuze. Deze blijkt vooral in combinatie met een proximal afgrenzing met veel kleine kaartvlakjes, duidelijk nauwkeuriger te zijn dan een aselechte keuze. In het geval van een landschappelijke afgrenzing zijn gerichte en aselechte keuze vrijwel gelijkwaardig. Bij de kaartschaal 1 : 10 000 is evenwel de invloed van de wijze van afgrenzing op de nauwkeurigheid veel groter dan de invloed van de wijze waarop de waarnemingspunten worden gekozen. De grotere waarnemingsdichtheid en de grotere mogelijkheden om de in het terrein aangetroffen situatie op de kaart weer te geven, werken beide ten gunste van de landschappelijke afgrenzing. Daarom is bij een kaartschaal 1 : 10 000 een methode met een landschappelijke afgrenzing, ondanks de grotere kaartvlakken en het geringere aantal kaarteenheden, duidelijk nauwkeuriger dan een methode met een proximal afgrenzing.

De waardering van de karteringsmethoden gebaseerd op nauwkeurigheid en leesbaarheid

Door bij de beoordeling van de karteringsmethoden ook rekening te houden met de leesbaarheid van de kaart, ontstaat een gewijzigde waardering. De invloed van de leesbaarheid op de waardering is negatief voor methoden met een proximal afgrenzing en positief voor methoden met een landschappelijke afgrenzing. Dit wordt veroorzaakt door de specifieke eigenschappen van de proximal afgrenzing, waarbij het aantal onderscheiden kaarteenheden veel groter is dan bij een landschappelijke afgrenzing, terwijl het gemiddelde kaartoppervlak in het gunstigste geval minder dan de helft bedraagt van dat bij een landschappelijke afgrenzing. Het resultaat is een kaartbeeld dat te gedetailleerd is voor de desbetreffende kaartschaal en waarbij er vaak onvoldoende ruimte is voor het aangeven van de kaartvlakcodes. De leesbaarheid van de kaart is een belangrijk gegeven voor de traditionele kaartgebruiker, waarbij de kaart rechtstreeks als uitgangspunt wordt gebruikt. Overigens is er in de cultuurtechniek een ontwikkeling naar volledig geautomatiseerde gegevensverwerking. In dit geval wordt de leesbaarheid minder belangrijk. Wel is er dan een invloed van de grote aantallen kaarteenheden en kaartvlakken op de verwerkingstijd en de verwerkingskosten. De leesbaarheid van de bodemkaart is bij een volledig geautomatiseerd systeem dus niet belangrijk, mits de toename van de verwerkingstijd beperkt blijft en er geen noodzaak ontstaat tot generalisatie achteraf.

Wordt de leesbaarheid van de kaart mede van invloed geacht op de waardering voor de karteringsmethode, dan blijkt er voor de

kaartschaal 1 : 10 000 geen wijziging te ontstaan in de volgorde van waardering voor de verschillende karteringsmethoden. Alleen al op grond van de nauwkeurigheidsmaten hebben de methoden met een landschappelijke afgrenzing een voorkeur boven die met een proximal afgrenzing. Het verschil in waardering wordt nog groter, als ook de leesbaarheid in de beoordeling wordt betrokken.

Bij de kaartschaal 1 : 50 000 ontstaat er door de beoordeling van de leesbaarheid wel een wijziging in de voorkeursvolgorde. De beide methoden met een landschappelijke afgrenzing (RaFi en PuFi) worden dan in beperkte mate hoger gewaardeerd dan de methode aselelect/proximal (RaPr), ondanks de wat hogere nauwkeurigheid van laatstgenoemde methode bij de kaartschaal 1 : 50 000.

De hoogste waardering wordt bij de kaartschaal 1 : 10 000 toegekend aan de beide methoden met een landschappelijke afgrenzing, waarbij de methode met gerichte keuze (PuFi) vrijwel gelijk wordt gewaardeerd als die met aselelecte keuze (RaFi). Bij de kaartschaal 1 : 50 000 wordt eveneens aan de methoden met landschappelijke afgrenzing de hoogste waardering toegekend, mits ook de leesbaarheid in de beoordeling wordt betrokken. Bij deze kaartschaal is de methode met aselelecte keuze (RaFi) in beperkte mate nauwkeuriger dan die met gerichte keuze (PuFi). Daarbij moet opgemerkt worden dat beide wijzen van waarnemingskeuze wat betreft de benodigde tijd niet gelijkwaardig zijn. Bij de gerichte keuze wordt de keuze van het waarnemingspunt mede afgestemd op een snelle bereikbaarheid van dat punt, alsmede op een gemakkelijke positiebepaling in het terrein. Bij een aselelecte keuze is dit uiteraard niet het geval. Hoewel in dit onderzoek geen tijds waarnemingen zijn gedaan, is wel gebleken dat voor een aselelecte keuze aanzienlijk meer tijd nodig is dan voor een gerichte keuze. Voor het onderzoeksgebied wordt de benodigde extra tijd globaal geschat op ongeveer 40% voor de kaartschaal 1 : 50 000 en ongeveer 30% voor de kaartschaal 1 : 10 000. Gezien de gelijke waardering van aselelecte keuze (RaFi) en gerichte keuze (PuFi) bij de kaartschaal 1 : 10 000 en de geringe voorkeur voor de aselelecte keuze bij de kaartschaal 1 : 50 000, is op grond van kostenoverwegingen de gerichte keuze (PuFi) voor beide kaartschalen te verkiezen boven de aselelecte keuze (RaFi), als de opnamegegevens alleen voor het omgrenzen van kaarteenheden worden gebruikt. Echter, als de opnamegegevens mede moeten dienen voor het maken van voldoende betrouwbare statistische schattingen van bodemeigenschappen, dan kunnen voordelen van een aselelecte keuze doorslaggevend zijn.

In dit onderzoek is bij de aselelecte keuze gekozen voor een gestratificeerd aselelect systeem. Ook andere systemen zijn mogelijk, zoals op vaste afstanden (fixed grid) of een transectenmethode, al dan niet met aselelect gekozen afstanden op de transecten. Ook deze systemen kosten meer tijd dan een gerichte keuze, zij het in mindere mate dan het gebruikte systeem van aselelecte keuze. Bij de keuze van de systemen zal moeten worden nagegaan of de toename van de nauwkeurigheid opweegt tegen de hogere kosten.

De betekenis van de variatie op korte afstand voor de nauwkeurigheid van bodemkaarten

Zowel de karteringsmethoden als de daarmee vervaardigde bodemkaarten zijn onderling verschillend. Deze verschillen komen evenwel slechts in geringe mate tot uitdrukking in verschillen bij de nauw-

keurigheidsmaten van de diverse bodemkaarten. Ook zijn de verschillen in spreiding van de bodemeigenschappen tussen bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, en bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, gering. Ondanks de grotere gedetailleerdheid van de kaarten, schaal 1 : 10 000, en de veel grotere waarnemingsdichtheid, is het niveau van de spreidingen maar weinig lager. Bovendien is het zuiverheidspercentage voor de grondwatertrap, dat voor beide kaartschalen op dezelfde klasse-indeling berust, bij de kaarten schaal 1 : 10 000 maar weinig hoger. Dit zou er op kunnen wijzen dat een belangrijk deel van de totale variatie in het gebied bestaat uit een variatie op zeer korte afstanden.

In de praktijk van het bodemgebruik richt zich de belangstelling voornamelijk op de bodemgesteldheid van de gebruikseenheden, bijv. van percelen. De variaties daarbinnen hebben weinig of geen invloed op de gebruiksmogelijkheden; zij zijn van geen betekenis voor de gebruiker en daarmee voor de "praktische" nauwkeurigheid van de kaart. Voor het kwantificeren van de nauwkeurigheid van bodemkaarten zouden deze variaties dan ook buiten beschouwing kunnen blijven. Dat is bij dit onderzoek niet gebeurd: de hier gebruikte nauwkeurigheidsmaten hebben, evenals die in buitenlandse onderzoeken, alle betrekking op variaties van individuele bodemprofielen, ongeacht de onderlinge afstanden en ongeacht de gebruiksvorm. Zouden gemiddelden van gebruikseenheden als uitgangspunt zijn gekozen, dan zouden de variaties op korte afstand voor een groot deel buiten beschouwing zijn gebleven. Dit zou geleid hebben tot hogere waarden voor de nauwkeurigheid van de kaarten en vermoedelijk ook tot andere verschillen in nauwkeurigheid. Het is bij voortgezet kwaliteitsonderzoek en vergelijking van karteringsmethoden dan ook zinvol te overwegen om meer realistische nauwkeurigheidsmaten te ontwikkelen.

Het was de bedoeling in dit project ook onderzoek te doen naar de variatie op korte afstand. Door onvoorziene omstandigheden kon dit deel van het onderzoek niet worden uitgevoerd. In een recente studie (Van Kuilenburg et al., 1982) wordt gesteld, dat in het onderzoeksgebied de totale spreiding van het vochtleverend vermogen voor gras voor meer dan 50% bestaat uit een variatie op zeer korte afstand. Ook Kneib (1979) en Burrough (1981) tonen aan, dat de variatie op zeer korte afstanden een belangrijk deel kan uitmaken van de totale variatie. Voor sommige eigenschappen blijkt het grootste deel van de totale variatie zich zelfs binnen enkele meters af te spelen.

De resultaten van het onderzoek geven aanwijzingen voor de veronderstelling, dat in het onderzoeksgebied de spreiding op korte afstand een belangrijk deel uitmaakt van de totale spreiding. Dit beperkt de mogelijkheden tot vergroting van de nauwkeurigheid van bodemkaarten, schaal 1 : 10 000 en schaal 1 : 50 000, van dekzandgebieden. Met name vergroting van waarnemingsdichtheid en kaartschaal zullen de nauwkeurigheid dan nauwelijks verhogen. Bij de beoordeling van de totale variatie en de variatie op korte afstand moet wel bedacht worden, dat als de gegevens toevallige fouten bevatten van een substantieel niveau, zowel de totale variatie als de variatie op korte afstand alsmede hun verhouding belangrijk wordt overschat, indien met deze fouten geen rekening wordt gehouden.

Sommige auteurs (Nortcliff, 1978; Burrough, 1982) wijzen op de

betekenis van bodemvariabiliteitsonderzoek ter voorbereiding van bodemkarteringen. Voorafgaande aan een bodemkartering moet een keuze gemaakt worden wat betreft kaartschaal, waarnemingsdichtheid en te gebruiken legenda. Deze keuzen zijn veelal traditioneel bepaald. Zij zouden wellicht enigszins ondersteund kunnen worden met kennis van de variabiliteit van de bodemeigenschappen in het te karteren gebied. Nader onderzoek is evenwel gewenst, vooral om na te gaan hoe het nemen van beslissingen omtrent kaartschaal, legenda en waarnemingsdichtheid op verantwoorde wijze ondersteund kan worden door variabiliteitsonderzoek. Hoewel dit onderzoek voor de karteringen nuttig lijkt, stuit brede toepassing hiervan vooralsnog op bezwaren van kosten en tijd. De toepassingsmogelijkheden zijn waarschijnlijk het grootst voor zeer specifieke karteringen en karteringen op grote kaartschaal, zoals bedrijfskarteringen. Voor systematische karteringen en voor andere karteringen met een uniforme legenda lijkt deze aanpak minder perspectieven te bieden, omdat het variabiliteitsonderzoek aanleiding kan geven tot het werken met gebiedsgebonden karteringsprocedures met variabele kaartlegenda's, waardoor de vergelijkbaarheid van bodemkundige informatie uit verschillende gebieden sterk vermindert.

Mogelijkheden tot verbetering van de nauwkeurigheid

De bij de Stichting voor Bodemkartering in gebruik zijnde methode met gerichte waarnemingen en landschappelijke afgrenzing (PuFi) blijkt voor bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, een hogere nauwkeurigheid te hebben dan de methoden met een proximal afgrenzing. Weliswaar is de methode aselekt/landschappelijk (RaFi) wat betreft nauwkeurigheid en leesbaarheid gelijkwaardig aan de methode gericht/landschappelijk (PuFi), maar de laatstgenoemde methode is toch in het voordeel vanwege de hogere kosten van aselechte waarnemingen.

Bij de kaarten, schaal 1 : 50 000, zijn de methoden aselekt/proximal (RaPr) en aselekt/landschappelijk (RaFi) nauwkeuriger dan de tot nu toe gebruikte methode gericht/landschappelijk (PuFi). De hogere nauwkeurigheid geldt echter maar voor vijf nauwkeurighedsmaten. Deze beperkte verhoging van de nauwkeurigheid lijkt onvoldoende om de geringe leesbaarheid en de hogere kosten van de methode aselekt/proximal (RaPr) te compenseren. Ook het bezwaar van de hogere kosten van de methode aselekt/landschappelijk (RaFi) lijkt zwaarder te wegen dan de wat hogere nauwkeurigheid. Daar staat tegenover dat aselekt gekozen waarnemingen zich lenen voor statistische gegevensverwerking.

De uitkomsten van het onderzoek pleiten dus voor het handhaven van de gericht/landschappelijke methode (PuFi) bij kaarten op beide kaartschalen. Alleen als aan mogelijkheden van statistische verwerking belang wordt gehecht, verdient een gehele of gedeeltelijke overgang naar de aselekt/landschappelijke (Ra/Fi) methode overweging.

De toegepaste karteringsmethode blijkt van invloed te zijn op de nauwkeurigheid van de kaart, maar de verschillen zijn kleiner dan op grond van de verschillen tussen de karteringsmethoden zou kunnen worden verwacht. Ook zijn de verschillen in nauwkeurigheid tussen kaarten van beide kaartschalen gering. De mogelijkheden tot verbetering van de nauwkeurigheid lijken beperkt. Weliswaar kan door vergroting van de klassen van de classificatie een hogere zuiverheid worden bereikt, maar dit gaat gepaard met vergroting van de spreiding.

ding voor de desbetreffende eigenschappen en een verlaging van de homogeniteit voor de geschiktheid. Misschien zijn er wat dit laatste betreft verbeteringen mogelijk door het anders definiëren van sommige klassegrenzen. Ook vergroting van de waarnemingsdichtheid en de kaartschaal zullen weinig bijdragen tot verbetering van de nauwkeurigheid, als er een grote variatie op korte afstand bestaat bij veel bodemeigenschappen. Bovendien zijn deze wijzigingen om praktische redenen maar in beperkte mate mogelijk. Wel kan een verbetering van de schattings- en meetmethoden bijdragen tot een hogere nauwkeurigheid. Het uitbreiden van de gerichte opnamen voor het meten van grondwaterstanden op karakteristieke tijdstippen zal de nauwkeurigheid van de grondwaterklassen op bodemkaarten verhogen. Ook het opvoeren van de kwaliteit van de veldschattingen in het algemeen en het via de automatisering corrigeren van systematische schattingsfouten zijn middelen die kunnen bijdragen tot een grotere nauwkeurigheid van bodemkaarten.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Conclusies

Zuiverheidswaarden

1. De percentages voor de gemiddelde zuiverheid, zijnde het gemiddelde van de partiële zuiverheden, variëren voor bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, tussen 64 en 70% en voor bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, tussen 59 en 62%.

De strikte zuiverheden variëren bij alle onderzochte bodemkaarten tussen 7 en 12%.

Bij de vijf partiële zuiverheden subgroep, fijnheid zand, lemigheid, toevoegingen en grondwaterklassen zijn er onderling grote verschillen, waarbij de uitersten zijn gelegen tussen 34 en 100%. De hoogste percentages worden aangetroffen bij de fijnheid van het zand, nl. 100% bij de bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, en 79-84% bij de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000. De laagste waarden worden gemeten voor de grondwaterklasse, nl. tussen 34 en 45% voor bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, en tussen 43 en 46% voor bodemkaarten, schaal 1 : 10 000.

2. De traditionele zuiverheidsmaten, zoals in dit onderzoek toegepast, karakteriseren de nauwkeurigheid van bodemkaarten slechts gebrekkig.

3. De gemiddelde zuiverheid is een betere maat voor de nauwkeurigheid dan de strikte zuiverheid. Met het in de rapporten van de Stichting voor Bodemkartering gebruikte begrip "zuiverheid" wordt de gemiddelde zuiverheid bedoeld, die in dit onderzoek is gehanteerd.

Spreading van bodemeigenschappen

4. De gemiddelde spreading van een bodemeigenschap binnen de eenheden van een bodemkaart kan enerzijds niet groter zijn dan de in het gebied aanwezige totale spreading, en zal anderzijds in het algemeen niet kleiner zijn dan de gemiddelde spreading binnen de eenheden van de gebruikte classificatie.

In het onderzoeksgebied varieert de gemiddelde spreading binnen de eenheden van de gebruikte classificaties - afhankelijk van de soort bodemeigenschap - overwegend tussen 25 en 50% van de totale spreading. Als gevolg van onzuiverheden binnen de kaartvlakken is de gemiddelde spreading binnen de eenheden van de bodemkaarten aanzienlijk hoger. Voor de meeste bodemeigenschappen varieert deze gemiddelde spreading binnen de kaarteenheden tussen 65 en 80% van de in het gebied aanwezige totale spreading.

5. De gemiddelde spreading van de bodemeigenschappen binnen de kaarteenheden komt in dit onderzoek deels overeen met, en ligt deels op een wat lager niveau dan in buitenlands onderzoek. De gemiddelde spreading van bodemeigenschappen binnen de classificatie-eenheden ligt in dit onderzoek over het algemeen op een aanzienlijk lager niveau dan in buitenlandse onderzoekingen.

Het niveau van de spreading binnen de classificatie-eenheden ligt in dit onderzoek aanzienlijk beneden dat van de corresponderende kaarteenheden. Dat is in tegenstelling tot de meeste buiten-

landse onderzoeken, waarbij deze niveaus over het algemeen onderling maar weinig verschillen.

6. De lagere waarden voor de spreiding binnen de classificatie-eenheden en voor de strikte zuiverheid bij de bodemkaarten in vergelijking met buitenlandse onderzoeken zijn het gevolg van een grotere detaillering van de in Nederland gebruikte classificaties voor het maken van bodemkaarten. Ook de meer morfometrische definities van de criteria en het relatief geringe gebruik van overlappende klassen in de Nederlandse classificaties zijn hierop van invloed.

7. Tussen de afzonderlijke kaarteenheden zijn er aanzienlijke verschillen in spreiding en/of gemiddelde waarde voor bepaalde bodemeigenschappen. Dit betreft niet alleen differentiërende eigenschappen, maar eveneens eigenschappen die voor de classificatie niet-differentiërend zijn. Bij vergelijking van verschillende paren van kaarteenheden worden de karakteristieke verschillen aangetroffen bij wisselende combinaties van bodemeigenschappen.

Homogeniteit met betrekking tot bodemgeschiktheid

8. De gebruikte classificaties zijn wat betreft het onderzoeksgebied niet volledig homogeen voor de geschiktheid. De homogeniteitsindex voor de kaartbladenclassificatie bedraagt voor rogge en gras resp. 52 en 61%. Voor de opdrachtenclassificatie zijn de waarden voor rogge en gras resp. 45 en 55%. Bij homogeniteitsindices van ca. 50 behoren de bodemprofielen van de individuele classificatie-eenheden gemiddeld voor ca. 80% tot één geschiktheidsklasse.

De homogeniteitsindex voor het gebied als geheel is voor rogge zeer laag en bedraagt voor de gebieden A en B resp. 4 en 1%. Voor gras zijn deze waarden resp. 19 en 16%.

De voor een bodemkaart maximaal bereikbare homogeniteit wordt aan de bovenzijde begrensd door de waarde van de homogeniteitsindex voor het gebruikte classificatiesysteem. Bij de onderzochte bodemkaarten blijft de homogeniteit aanzienlijk beneden dit maximale niveau. Bij bodemkaarten op schaal 1 : 50 000 variëren de waarden voor de homogeniteitsindices voor rogge en gras resp. tussen 11,7-17,5% en 24,0-29,6%. Uitgedrukt als een percentage van de homogeniteitsindex van de gebruikte classificatie (maximaal bereikbare homogeniteit) zijn de waarden voor rogge 23-34% en voor gras 39-48%.

Voor bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, variëren de waarden voor de homogeniteitsindices voor rogge en gras resp. tussen 15,9-20,5% en 32,1-35,6%. Uitgedrukt als een percentage van de homogeniteitsindex van de gebruikte classificatie zijn de waarden voor rogge 36-46% en voor gras 58-65%.

9. De verdeling van de oppervlaktepercentages over de vier geschiktheidsklassen is bepalend voor de waarde van de homogeniteitsindex. Een belangrijk aspect bij de oppervlakteverdeling is het oppervlaktepercentage van de meest voorkomende geschiktheidsklasse. Voor bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, is het oppervlaktepercentage van de meest voorkomende geschiktheidsklasse, gemiddeld over de kaarteenheden, voor rogge en gras ca. 45 en 60. Voor bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, zijn deze waarden voor rogge en gras ca. 55 en

65%. De resterende oppervlakten zijn verdeeld over twee of drie andere geschiktheidsklassen.

10. Wat de invloed van de onzuiverheden binnen de kaartvlakken op de homogeniteit van bodemkaarten voor de geschiktheid betreft, is gebleken dat gemiddeld bij de helft van de oppervlakte van de onzuiverheden de geschiktheidsklasse overeenkomt met die van het zuivere deel van een kaarteenheid.

Karteringsmethoden

11. Waardering van de karteringsmethoden op grond van de nauwkeurigheidsmaten. Als uitsluitend op nauwkeurigheid wordt beoordeeld, zijn bij bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, de verschillen tussen aselekt/proximal (RaPr), aselekt/landschappelijk (RaFi) en gericht/landschappelijk (PuFi) zeer gering. De methode aselekt/proximal (RaPr) is iets nauwkeuriger bij een hoge waarnemingsdichtheid; bij een lage waarnemingsdichtheid is de methode aselekt/landschappelijk (RaFi) iets nauwkeuriger. Alleen de methode gericht/proximal (PuPr) is duidelijk minder nauwkeurig dan de andere drie karteringsmethoden.

Bij de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, zijn de verschillen in nauwkeurigheid tussen de vier karteringsmethoden wat groter. De grootste nauwkeurigheid wordt gemeten bij de methoden aselekt/landschappelijk (RaFi) en gericht/landschappelijk (PuFi). Ze zijn vrijwel gelijkwaardig. Wat minder nauwkeurig is de methode gericht/proximal (PuPr), terwijl de methode aselekt/proximal (RaPr) duidelijk het onnauwkeurigst is.

12. Waardering van de karteringsmethoden op grond van nauwkeurigheid en leesbaarheid. Bij de bodemkaarten, schaal 1: 50 000, ontstaat er een wijziging in de volgorde van waardering als gevolg van de verschillen in leesbaarheid. De hoogste waardering wordt toegekend aan de methode aselekt/landschappelijk (RaFi), gevolgd door de methode gericht/landschappelijk (PuFi) vanwege een iets lagere nauwkeurigheid. De methode aselekt/proximal (RaPr) wordt duidelijk lager gewaardeerd vanwege de geringe leesbaarheid. De laagste waardering wordt toegekend aan de methode gericht/proximal (PuPr) als gevolg van zowel de lage nauwkeurigheid als de geringe leesbaarheid.

Bij de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, ontstaat er geen wijziging in de volgorde van waardering voor de verschillende karteringsmethoden, als naast de nauwkeurigheid ook de leesbaarheid in de beoordeling wordt betrokken. Het verschil in waardering tussen methoden met een landschappelijke en een proximal afgrenzing neemt evenwel toe. De hoogste waardering blijft toegekend aan de methoden aselekt/landschappelijk (RaFi) en gericht/landschappelijk (PuFi). Duidelijk lager gewaardeerd worden de methoden met een proximal afgrenzing. In tegenstelling tot de waardering bij de kaarten, schaal 1 : 50 000, heeft bij de kaartschaal 1 : 10 000 de methode met gerichte waarnemingen (PuPr) een duidelijk hogere waardering dan die met aselechte waarnemingen (RaPr).

13. De mogelijkheden om door het wijzigen van de onderzochte karteringsmethoden een hogere nauwkeurigheid te bereiken lijken in dekzandgebieden beperkt.

14. Bodemkaarten met een proximal afgrenzing hebben een geringe

leesbaarheid. Door de grote aantallen kaarteenheden en kleine kaartvlakjes is deze kaart niet geschikt voor de traditionele gebruikswijze.

15. Voor zover het bodemkaarten van dekzandgebieden op schaal 1 : 10 000 en 1 : 50 000 betreft, geven de resultaten geen steun aan de veronderstelling dat de nu gebruikelijke karteringsmethode (gerichte waarnemingen en landschappelijke afgrenzing) vervangen moet worden door een van de andere drie in dit onderzoek opgenomen methoden. Deze conclusie geldt wanneer men kaartkwaliteit en kosten in aanmerking neemt en geen andere overwegingen een rol spelen.

Op grond van de betere leesbaarheid van bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, en de combinatie van grotere nauwkeurigheid en betere leesbaarheid van bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, verdient de landschappelijke afgrenzing de voorkeur boven een proximal afgrenzing. Het voordeel van het wijzigen van de gerichte keuze van waarnemingen in een aselechte keuze is beperkt voor wat kaartnauwkeurigheid betreft en dient afgewogen te worden tegen de hogere kosten die verbonden zijn met een aselechte keuze. Gezien de gelijke waardering voor aselechte keuze (RaFi) en gerichte keuze (PuFi) bij de kaart-schaal 1 : 10 000 en de geringe voorkeur voor een aselechte keuze (RaFi) bij de kaartschaal 1 : 50 000, is op grond van kostenoverwegingen de gerichte keuze (PuFi) bij beide kaartschalen te verkiezen boven een aselechte keuze. De aantrekkelijkheid van aselechte gekozen waarnemingen ligt vooral besloten in de mogelijkheden voor statistische verwerking van gegevens.

8.2 Conclusies met beperkte strekking

1. Uitbreiding van het aantal aselechte waarnemingen leidt bij bodemkaarten met proximal afgrenzing tot een geringe stijging van de nauwkeurigheid; dit geldt voor de beide onderzochte kaartschalen. De vergroting van het aantal waarnemingen gaat gepaard met een evenredige vergroting van het aantal kaartvlakken. Hierdoor daalt de gemiddelde oppervlakte per kaartvlak, wat een verslechterring van de leesbaarheid tot gevolg heeft.

2. Generalisatie van proximal bodemkaarten leidt tot een aanzienlijke verbetering van de leesbaarheid als gevolg van wijziging van aantal en grootte van de kaartvlakken. Evenwel blijft ook na generalisatie het aantal kaarteenheden te hoog. Bovendien heeft de complexe samenstelling van de kaarteenheden op de gegeneraliseerde kaart een ongunstige invloed op de leesbaarheid. Door de toegepaste vorm van generalisatie blijkt de nauwkeurigheid van de kaarten te zijn toegenomen. Bij de bodemkaart, schaal 1 : 50 000, is deze toename gering, maar bij de bodemkaart, schaal 1 : 10 000, is deze vrij aanzienlijk.

3. Bij bodemkaarten met een landschappelijke afgrenzing heeft het omzetten in een globalere classificatie een duidelijke stijging van de zuiverheidspercentages tot gevolg. Deze omzetting heeft evenwel in het onderzochte geval vrijwel geen invloed op de afgrenzing van de kaartvlakken. Het aantal kaartvlakken blijft gelijk, terwijl het

aantal kaarteenheden slechts een geringe daling ondergaat. Aangezien het object van de nauwkeurigheidsberekeningen de individuele kaart-eenheid is, blijft onder deze omstandigheden de nauwkeurigheid met betrekking tot spreiding en homogeniteit voor de geschiktheid na-genoeg ongewijzigd.

4. Bij bodemkaarten met een landschappelijke afgrenzing heeft het verkleinen van de kaartschaal van 1 : 10 000 naar 1 : 50 000 en de daarmee gepaard gaande vergroting van kaartvlakken zowel invloed op de uiterlijke verschijningsvorm als op de nauwkeurigheid van de kaart. Zowel het aantal kaarteenheden als het aantal kaartvlakken daalt sterk, met als gevolg een sterke stijging van de gemiddelde oppervlakte per kaartvlak. De verkleining van de kaartschaal leidt tot een duidelijk geringere nauwkeurigheid van de kaart met betrekking tot de spreiding der bodemeigenschappen en de homogeniteit voor de landbouwgeschiktheid. De daling bij de zuiverheidspercentages is evenwel gering.

8.3 Aanbevelingen

1. De in gebruik zijnde karteringsmethode (gericht/landschap-pelijk) dient voor de dekzandgebieden voorlopig gehandhaafd te blijven.

2. De kennis van de mogelijkheden en de beperkingen van de huidige karteringsmethode dient te worden uitgebreid door:

- verzameling van gegevens over de nauwkeurigheid van bodemkaarten van andere dan de in dit onderzoek genoemde gebieden; deze kaarten moeten dan worden gemaakt door verschillende karteerders en de nadruk dient dan te liggen op gedetailleerde bodemkaarten (schaal 1 : 25 000 en groter);
- verzameling van gegevens over de foutenbronnen in de huidige karteringsprocedure, inclusief het afleiden van geschiktheidskaarten.

3. De volgende maatregelen zijn nodig voor verbetering van de huidige karteringsmethode:

- bij het karteren van grondwaterklassen dient het systeem van ge-richte opnamen voor het meten van GHG en GLG en correlatie van ge-meten standen met beschikbare gegevens van langdurig opgenomen wa-terstandsbuizen te worden geïntensiveerd;
- de nauwkeurigheid van veldschattingen dienen te worden opgevoerd door systematische ijkingen van de schattingscijfers met laborato-riumbepalingen, door de vaststelling van systematische schattings-fouten bij de karteerders en door geautomatiseerd corrigeren op systematische schattingsfouten.

4. Ter verbetering van de in gebruik zijnde karteringsmethode is bovendien onderzoek nodig, dat zich in eerste instantie zou moeten richten op:

- interpolatie met behulp van meer geavanceerde technieken dan de in dit onderzoek gebruikte proximal methode (zie Van Kuilenburg et al., 1982) in combinatie met relevante landschappelijke infor-matie;

- keuze van de waarnemingsdichtheid op basis van het voor verschillende soorten van karteringen vast te stellen verband tussen waarnemingsdichtheid en nauwkeurigheid;
- de ruimtelijke variabiliteit van belangrijke bodemeigenschappen in verschillende gebieden, om na te gaan of dit kan bijdragen tot een grotere doelmatigheid bij met name bedrijfskarteringen en andere zeer specifieke karteringen in opdracht van derden;
- het opstellen van nauwkeurigheidsmaten voor het meten van de kwaliteit van bodemkaarten die aansluiten op het gebruik dat van die kaarten wordt gemaakt;
- het ontwerpen van op de praktische kartering gerichte procedures voor het meten van de nauwkeurigheid van bodemkaarten.

9 SAMENVATTING

De conclusies uit dit onderzoek zijn geldig voor het onderzoeksgebied. In hoeverre ze ook van toepassing zijn op vergelijkbare dekzandgebieden is niet onderzocht.

In deze samenvatting wordt volstaan met een zeer globale weergave van het onderzoek en de resultaten. Voor meer volledige informatie over de resultaten en de betekenis daarvan wordt verwezen naar de discussie in par. 7.4 en naar de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 8.

Van bodemkaarten, die gemaakt zijn volgens verschillende karteringsmethoden, is de nauwkeurigheid vergeleken. De toegepaste karteringsmethoden onderscheiden zich van elkaar door de manier waarop de waarnemingspunten zijn gekozen en door de wijze waarop de kaartvlakken zijn afgegrensd. Een gerichte en een aselechte keuze van waarnemingspunten alsmede een landschappelijke en een proximal afgrenzing van de kaartvlakken zijn gecombineerd tot vier karteringsmethoden. (Bij de proximal methode wordt de afgrenzing gevormd door middelloodlijnen op de verbindingslijnen tussen naburige waarnemingspunten.)

Bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, opgenomen met een kaartbladenclassificatie zijn gemaakt van een dekzandgebied, groot 1600 ha. Bovendien zijn van een gebied van 400 ha, dat binnen het eerstgenoemde gebied ligt, bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, vervaardigd met een opdrachtenclassificatie.

De nauwkeurigheid van de bodemkaarten is getest met behulp van profielbeschrijvingen van aselekt gekozen waarnemingspunten, die niet voor de kartering van de desbetreffende kaarten waren gebruikt. De testgegevens zijn - na correctie voor de systematische schattingsfouten van de desbetreffende waarnemers - gebruikt voor de berekening van 25 nauwkeurigheidsmaten, waarvan 7 zuiverheidswaarden en 18 homogeniteitswaarden. Bij de homogeniteitswaarden worden onderscheiden de standaardafwijkingen voor 16 kwantitatieve bodemeigenschappen en de homogeniteitsindices voor de geschiktheid voor rogge en gras. De waardering van de karteringsmethoden is evenwel niet uitsluitend gebaseerd op vergelijking met de waarden van de nauwkeurigheidsmaten. Het kartografisch beeld van de volgens de verschillende karteringsmethoden gemaakte bodemkaarten blijkt namelijk grote verschillen te vertonen. Daarom zijn ook enkele parameters in de beoordeling betrokken, die een indicatie geven van de leesbaarheid van de kaart.

Het onderzoek levert aanwijzingen op voor de veronderstelling dat voor verschillende bodemeigenschappen de spreiding op korte afstand een belangrijk bestanddeel uitmaakt van de totale spreiding in het onderzochte gebied. Dit kan mede een verklaring zijn voor het feit dat de verschillen in nauwkeurigheid tussen de met verschillende methoden gemaakte bodemkaarten niet groot zijn.

De resultaten van het onderzoek geven geen aanleiding tot vervanging van de huidige karteringsmethode (gerichte keuze van waarnemingen en landschappelijke afgrenzing van kaartvlakken) door een van de andere drie onderzochte methoden. Een aselechte keuze van waarnemingen bleek bij kaartschaal 1 : 10 000 een gelijke nauwkeurigheid en bij kaartschaal 1 : 50 000 een iets hogere nauwkeurigheid te hebben dan de gerichte keuze.

Dit verschil is evenwel te gering om over te gaan op de aanzienlijk duurdere aselecte keuze. De landschappelijke afgrenzing was bij de kaartschaal 1 : 10 000 duidelijk nauwkeuriger dan de proximal afgrenzing. Bij bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, was de methode aselect/proximal evenwel in beperkte mate nauwkeuriger dan de huidige methode gericht/landschappelijk. De leesbaarheid van de kaarten met proximal afgrenzing is evenwel zeer slecht. Dit nadeel is veel groter dan het voordeel van de wat hogere nauwkeurigheid.

De gemiddelde zuiverheden varieerden voor bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, tussen 64 en 70% en voor bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, tussen 59 en 62%. De waarden van de vijf partiële zuiverheden waren uiteraard afhankelijk van het beschouwde aspect en de toegepaste karteringsmethode. De uitersten lagen voor de bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, tussen 33,5 en 100% en voor de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, tussen 42,5 en 84%. De strikte zuiverheden waren zeer laag en varieerden tussen 7 en 12%.

De relatieve spreidingen van de verschillende bodemeigenschappen varieerden voor de beide classificaties overwegend tussen 25 en 50% van de totale spreiding. De relatieve spreidingen binnen de eenheden van de bodemkaarten varieerden voor de meeste bodemeigenschappen tussen 65 en 80%. Bij de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, waren er bodemeigenschappen met een iets lagere relatieve spreiding, variërende tussen 55 en 70%.

De gebruikte classificaties bleken niet volledig homogeen te zijn voor de geschiktheid. Gemiddeld behoorden 80% van de bodemprofielen van de individuele classificatie-eenheden tot één geschiktheidsklasse. Deze homogeniteit was voor de verschillende bodemkaarten evenwel aanzienlijk lager. Voor bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, was het oppervlaktepercentage van de meest voorkomende geschiktheidsklasse, gemiddeld over de kaarteenheden, voor rogge en gras ca. 45 en 60. Voor bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, waren deze percentages voor rogge en gras resp. 55 en 65.

De strikte zuiverheden, gevonden in dit onderzoek, zijn geringer dan die in buitenlandse onderzoeken. Het blijkt evenwel dat een belangrijk deel van de onzuiverheden behoort tot dezelfde geschiktheidsklasse als die in meerderheid in het zuivere deel voorkomt. Mede daarom moeten de traditionele zuiverheidsmaten worden beschouwd als een gebrekkig hulpmiddel voor het karakteriseren van de nauwkeurigheid van bodemkaarten.

De hier gevonden relatieve spreidingen binnen de kaarteenheden van de bodemkaarten zijn gelijk aan of kleiner dan die uit buitenlandse onderzoeken. De relatieve spreidingen binnen de classificatie-eenheden zijn evenwel van een aanzienlijk lager niveau dan die uit buitenlandse onderzoeken. De combinatie van geringere strikte zuiverheden bij de bodemkaarten en geringere spreidingen binnen de classificatie-eenheden zijn de weerslag van de grotere mate van detail bij de in Nederland gebruikte classificaties voor het maken van bodemkaarten.

Uit het onderzoek volgt een aantal nevenconclusies met een beperkte strekking. Deze hebben betrekking op de invloed van generalisatie en de invloed van een uitbreiding van het aantal aselecte waarnemingen op de nauwkeurigheid en de leesbaarheid van bodemkaarten met een proximal afgrenzing. De invloed van het gebruik van een globalere classificatie en van verkleining van de kaartschaal op de nauwkeurigheid en de leesbaarheid werd onderzocht voor één van de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, met landschappelijke afgrenzing.

Er wordt een aantal aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek naar de mogelijkheden en beperkingen van de in gebruik zijnde karteringsmethode en de verbetering ervan. Tevens worden enkele maatregelen voorgesteld die rechtstreeks gericht zijn op de verbetering van die karteringsmethode.

10 LITERATUUR

- | | | |
|--------------------------------------|------|---|
| Amos, D.F. and
E.P. Whiteside | 1975 | Mapping accuracy of a contemporary soil survey in an urbanizing area. Soil Sci.Soc.Amer. 39, 5: 937-942. |
| Avery, B.W. | 1980 | Soil Classification for England and Wales. Higher categories. Technical Monograph no. 14, Harpenden. Bartholomew Press, Dorking. |
| Bakker, H. de | 1970 | Purposes of soil classification. Geoderma 4, 3: 195-208. |
| Bakker, H. de | 1979 | Major soils and soil regions in the Netherlands. Junk/PUDOC, The Hague, Boston, London/Wageningen. |
| Bakker, H. de and
J. Schelling | 1966 | Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. Pudoc, Wageningen. |
| Beckett, P.H.T. | 1971 | The cost-effectiveness of soil survey. Outlook on Agriculture 6, 5: 191-198. |
| Beckett, P.H.T. and
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. and
R. Webster | 1971 | Soil variability: A review. Soils and Fertilizers 34, 1: 1-15. |
| Bie, S.W. | 1972 | The relative efficacy of different procedures for soil survey in developing countries and elsewhere. D.Phil.Thesis, Oxford University. |
| Bie, S.W. and
P.H.T. Beckett | 1970 | The costs of Soil Survey. Soils and Fertilizer 33, 3: 203-217. |
| Bie, S.W. and
P.H.T. Beckett | 1971 | Quality control in soil survey. I. The choice of mapping unit. J.Soil.Sci. 22, 1: 32-49. |
| Burrough, P.A. | 1981 | The spatial variability of the trial field PAGV 1. Report 1607. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |
| Burrough, P.A. | 1982 | Multi-scale sources of spatial variation in soil distributions. II. A quantitative model, its theory and application. J.Soil.Sci. (in voorbereiding). |
| Cochran, W.G. | 1977 | Sampling techniques. Wiley, New York. |

- Domhof, J. 1953 Strooiselwinning voor potstallen in verband met de profielbouw van heide- en oude bouwlandgronden. (With summary: Procurement of litter for built-up heath-sod litter manure in connection with the profile of heath-soils and old arable land.) Boor en Spade 6: 192-203.
- FAO 1974 FAO-Unesco Soil Map of the World, 1 : 5 000 000, Volume I, Legend. Unesco, Paris.
- Green, P.J. and R. Sibson 1978 Computing Dirichlet tessellations in the plane. Comp.J. 21, 2: 168-173.
- Groot Obbink, D.J. et al. 1976 Ruilverkaveling Laren (Gld.). De bodemgesteldheid. Rapport nr. 1208. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Haans, J.C.F.M. and K.R. van Lynden 1978 Assessment factors as an aid for interpreting soil surveys. In: Abstracts for papers presented at Commission Sessions. 11th Intern. Congr. of Soil Sci., Edmonton.
- Heesen, H.C. van 1970 Presentation of the seasonal fluctuation of the watertable on soil maps. Geoderma 4, 3: 257-278.
- Johnson, N.L. and S. Kotz 1969 Discrete distributions. Houghton Mifflin, Boston.
- Kneib, W. 1979 Untersuchungen zur Gruppierung von Böden als Grundlage für die Bodenkartierung. Inaugural Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Kuilenburg, J.J. van, J.J. de Gruijter, B.A. Marsman and J. Bouma 1982 Accuracy of spatial interpolation between point data on soil moisture supply capacity, compared with estimates from mapping units. Geoderma 27: 311-325.
- Laat, P.J.M. de 1980 Model for unsaturated flow above a shallow water-table, applied to a regional sub-surface flow problem. Diss. Pudoc, Wageningen.
- McCormack, D.E. and L.P. Wilding 1969 Variation of soil properties within mapping units of soils with contrasting substrata in N.W. Ohio. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 33, 4: 587-593.
- Nortcliff, S. 1978 Soil variability and reconnaissance soil mapping: A statistical study in Norfolk. J. Soil Sci. 29, 3: 401-418.
- Ragg, J.M. and R. Henderson 1980 A reappraisal of soil mapping in an area of southern Scotland. I. The reliability of four soil mapping units and the morphological variability of their taxa. II. The usefulness of some morphological properties and of a discriminant analysis in distinguishing between the dominant taxa of four mapping units. J. Soil Sci. 31, 3: 559-580.

- | | | |
|--|-------|---|
| Rijtema, P.E. | 1971 | Een berekeningsmethode voor de benadering van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking. ICW-nota, no. 587, Wageningen. |
| Sibson, R. and P.J. Green | 1976 | User's guide Fortran Tile 003. School of Mathematics, University of Bath. |
| Soil Survey Staff | 1975 | Soil taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Soil Conserv.Serv., U.S.Dept.Agric. Handb. 436. U.S.Gvt. Printing Office, Washington, D.C. |
| Steur, G.G.L. et al. | 1961 | Methods of soil surveying in use at the Netherlands Soil Survey Institute. Boor en Spade 11: 59-77. |
| Stichting voor Bodemkartering | 1979a | Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Blad 34 West, 34 Oost en 35. |
| Stichting voor Bodemkartering | 1979b | De interpretatie van bodemkaarten. Rapport van de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten, Stadium C. Rapport nr. 1463, Wageningen. |
| Voort, W.J.M. van der | 1974 | De bodemkundige variatie binnen twee eenvoudige kaarteenheden. Interne mededeling nr. 30. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. |
| Webster, R. | 1977 | Soil survey: its quality and effectiveness. In: Soil Resource inventories. Proceedings of a workshop held at Cornell University; Agronomy Mimeo No. 77-23, Ithaca, New York. |
| Webster, R. and H.E. Cuanalo de la C. | 1975 | Soil transect correlograms of North Oxfordshire and their interpretation. J.Soil Sci. 26, 2: 176-194. |
| Western, S. | 1978 | Soil survey contracts and quality control. Monographs on soil survey. Clarendon Press, Oxford. |
| Wilding, L.P., R.B. Jones and 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. |

GLOSSARIUM

1. Classificatie

Indeling van een populatie van bodemprofielen in classificatie-eenheden (2). In dit onderzoek in het bijzonder: indeling gebruikt bij het maken van een bodemkaart.

2. Classificatie-eenheid

Klasse van bodemprofielen, gedefinieerd in termen van bodemeigenschappen. In dit onderzoek in het bijzonder een klasse waarvan een bodemkaart de geografische verbreiding tracht weer te geven (zie 3.3).

3. Enkelvoudige aselechte steekproef

Steekproef getrokken op zodanige wijze, dat elke steekproef van dezelfde grootte en uit dezelfde populatie (hier: gebied of deel van een gebied) een gelijke kans heeft om te worden getrokken (zie 3.2.1).

4. Gemiddelde zuiverheid

Rekenkundig gemiddelde van alle in een gegeven context beschouwde partiële zuiverheden (10) (zie 6.2.4).

5. Gerichte steekproef

Steekproef gericht op een niet exact gedefinieerd deel van de populatie (hier: gebied), en getrokken op zodanige wijze, dat de trekkingskans onbekend is (zie 3.2.1).

6. Gestratificeerde aselechte steekproef

Steekproef waarbij de populatie (hier: gebied) tevoren is opgedeeld in een aantal strata waarvan uit elk een enkelvoudige aselechte steekproef (3) is getrokken (zie 3.2.1).

7. Homogeniteitsindex

a. Voor gebied, kaarteenheid of classificatie-eenheid: maat die aangeeft hoe homogeen een gebied, kaarteenheid (8) of classificatie-eenheid (2) is met betrekking tot een gegeven indeling. In dit onderzoek gedefinieerd als: het kwadraat van de Euclidische afstand tussen de werkelijke frequentie- of oppervlakteverdeling over de vier geschiktheidsklassen enerzijds en de gelijkverdeling anderzijds, uitgedrukt als percentage van de maximale waarde 0,75 (zie 6.2.6).

b. Voor kaart:

gemiddelde waarde van de homogeniteitsindex voor de kaarteenheden (8) van een kaart, gewogen met hun oppervlaktefracties (zie 6.2.6).

c. Voor classificatie:

gemiddelde waarde van de homogeniteitsindex voor de classificatie-eenheden (2) van een classificatie (1), gewogen met hun relatieve frequenties (zie 6.2.6).

8. Kaarteenheid

Vereniging van alle kaartvlakken (9) van een kaart met dezelfde kartografische signatuur. In dit onderzoek ook: vereniging van alle kaartvlakken (9) van een kaart die met dezelfde benaming wordt aangeduid en welke benaming gelijk is aan die voor de classificatie-eenheid (2), waarvan de genoemde vereniging van kaartvlakken de geografische verbreiding tracht weer te geven.

9. Kaartvlak

- a. Samenhangend deel van een kaart, voorzien van slechts één kartografische signatuur (d.w.z. combinatie van kleur, arcering en/of code), en dat niet grenst aan een ander deel met dezelfde signatuur.
- b. In dit onderzoek tevens: verzameling van alle bodemprofielen in een terreingedeelte dat als kaartvlak (9a) op een kaart is aangegeven.

10. Partiële zuiverheid

Deel van de oppervlakte (fractie of percentage) van een kaart of kaartgedeelte waarbinnen de bodemprofielen voldoen aan een gegeven deelverzameling van de classificatiecriteria, zoals die in de kaartlegenda voor die profielen zijn omschreven. In dit onderzoek is de partiële zuiverheid ook te interpreteren als het deel van de bodemprofielen dat aan de desbetreffende criteria voldoet (zie 6.2.2).

11. Proximal afgrenzing

Het vormen van kaartvlakken (9) op een kaart, zodanig dat daarmee elk bodemprofiel in het gebied wordt toegewezen aan dezelfde classificatie-eenheid (2) als waartoe het bodemprofiel van het dichtstbijzijnde opnamepunt behoort. Ook: het resultaat van bovengenoemde handeling.

12. Standaardafwijking

- a. In gebied, kaarteenheid of classificatie-eenheid:
vierkantswortel uit de variantie (14) van een eigenschap in resp. gebied, kaarteenheid (8) of classificatie-eenheid (2) (zie 6.2.5).
- b. In kaart:
vierkantswortel uit het gemiddelde van de varianties (14) in de kaarteenheden (8) van een kaart, gewogen met hun oppervlakte-fracties (zie 6.2.5).
- c. In classificatie:
vierkantswortel uit het gemiddelde van de varianties (14) in de classificatie-eenheden (2) van een classificatie (1), gewogen met hun relatieve frequenties (zie 6.2.5).

13. Strikte zuiverheid

Deel van de oppervlakte (fractie of percentage) van een kaart of kaartgedeelte waarbinnen de bodemprofielen voldoen aan alle classificatiecriteria, zoals die in de kaartlegenda voor die profielen zijn omschreven. In dit onderzoek is de strikte zuiverheid ook te interpreteren als het deel van de bodemprofielen dat aan de desbetreffende criteria voldoet (zie 6.2.3).

14. Variantie

Gemiddelde gekwadrateerde afwijking van de waarden van een eigenschap in een populatie (hier: gebied, kaarteenheid of classificatie-eenheid) ten opzichte van hun gemiddelde (zie 6.2.5).

GEBRUIKTE SYMBOLEN EN AFKORTINGEN

Wiskundige symbolen

Symbool	Paragraaf	Interpretatie
a	6.2.4	Subscript ^{*)} aangevend dat de gemiddelde variant van de zuiverheid(swaarde) is bedoeld.
a	6.3.2	Uit een steekproef berekende fractie van een gebied, ingenomen door een kaart- of classificatie-eenheid.
c	6.2.6	Subscript voor geschiktheidsklassen.
E	6.3.4	Statistische verwachtingswaarde.
F	6.2.6	Relatieve frequentie van een geschiktheidsklasse.
f	6.3.4	Uit een steekproef berekende relatieve frequentie van een geschiktheidsklasse.
H	6.2.6	Homogeniteitsindex.
h	6.3.4	Uit een steekproef berekende waarde van een homogeniteitsindex.
h	6.3.2	Subscript voor strata van een steekproef.
i	6.2.2	Subscript voor bodemprofielen.
j	6.2.2	Subscript voor deelverzamelingen van classificatie-criteria.
k	6.2.2	Subscript voor bodemkaarten.
L	6.3.2	Aantal strata van een steekproef.
M	6.2.5	Aantal kaarteenheden van een bodemkaart of classificatie-eenheden van een classificatiesysteem.
m	6.3.3	Aantal kaart- of classificatie-eenheden met 2 of meer testboringen.
N	6.2.2	Aantal bodemprofielen in een gebied, kaart- of classificatie-eenheid.
n	6.3.2	Aantal testboringen in een gebied, kaart- of classificatie-eenheid.
$\bar{P}$	6.2.2	Zuiverheid van een kaart of kaarteenheid.
p	6.2.2	Zuiverheidswaarde van een bodemprofiel.
$\bar{p}$	6.3.2	Gemiddelde van de zuiverheidswaarden in een steekproef.
S	6.2.5	Standaardafwijking van een bodemeigenschap.
s	6.3.2	Standaardafwijking berekend uit een steekproef.
s	6.2.3	Subscript aangevend dat de strikte variant van zuiverheid(swaarde) is bedoeld.
t	6.2.5	Subscript bij standaardafwijkingen en homogeniteitsindices van een gebied als geheel.

*) Engelse term voor cijfers, letters of andere symbolen, die verlaagd naast andere tekens zijn geplaatst. In P_a is a een subscript.

u	6.2.5	Subscript voor kaart- en classificatie-eenheden.
W	6.3.2	Gewicht van een stratum.
w	6.2.5	Subscript bij standaardafwijkingen en homogeniteitsindices binnen de kaarteenheden van een kaart, of de classificatie-eenheden van een classificatiesysteem.
$\bar{X}$	6.2.5	Gemiddelde van een bodemeigenschap in een gebied, kaart- of classificatie-eenheid.
x	6.2.5	Waarde van een eigenschap behorend bij een bodemprofiel.
$\bar{x}$	6.3.3	Steekproefgemiddelde van een bodemeigenschap.
$\overline{x^2}$	6.3.3	Steekproefgemiddelde van het kwadraat van een bodemeigenschap.

Opnameseries

A1	356 gericht gekozen waarnemingspunten, gebruikt voor de opname van de bodemkaarten PuFi-50 en PuPr-50.
A2	253 aselekt gekozen waarnemingspunten, gebruikt voor de opname van de bodemkaarten RaFi-50,d; RaPr-50,d; RaPr-50 en RaPr-50,g.
A3	256 aselekt gekozen waarnemingspunten, waarvan er 96 zijn gebruikt voor het verkrijgen van een hogere opnamedichtheid bij de bodemkaarten RaPr-50 en RaPr-50,g.
B1	446 gericht gekozen waarnemingspunten, gebruikt voor de opname van de bodemkaarten PuFi-10 en PuPr-10.
B2	548 aselekt gekozen waarnemingspunten waarvan er 530 zijn gebruikt voor de opname van de bodemkaarten RaFi-10,d en RaPr-10,d, en 437 voor de opname van de kaarten RaPr-10 en RaPr-10,g.

Testseries

A2 ^c	253 aselekt gekozen waarnemingspunten, gecorrigeerd voor systematische schattingsfouten, in zijn geheel gebruikt voor het testen van de bodemkaarten PuFi-50 en PuPr-50; gedeeltelijk gebruikt voor het testen van de kaarten PuFi-10; RaFi-10,d; RaPr-10,d; RaPr-10; RaPr-10,g en PuPr-10.
A3 ^c	256 aselekt gekozen waarnemingspunten, gecorrigeerd voor systematische schattingsfouten, in zijn geheel gebruikt voor de kaarten PuFi-50; RaFi-50,d; RaPr-50,d en PuPr-50; gedeeltelijk gebruikt voor de kaarten RaPr-50; RaPr-50,g; PuFi-10; RaFi-10,d; RaPr-10,d; RaPr-10; RaPr-10,g en PuPr-10.
B2 ^c	542 aselekt gekozen waarnemingspunten, gecorrigeerd voor systematische schattingsfouten, gebruikt voor het testen van de

kaarten PuFi-10 en PuPr-10; gedeeltelijk gebruikt voor het testen van de kaarten RaPr-10 en RaPr-10,g; tevens gebruikt voor het testen van een gedeelte van de kaarten RaPr-50,d; RaPr-50; RaPr-50,g en PuPr-50.

B3^c 552 aselekt gekozen waarnemingspunten, gecorrigeerd voor systematische schattingsfouten; gebruikt voor het testen van de kaarten PuFi-10; RaFi-10,d; RaPr-10,d; RaPr-10; RaPr-10,g en PuPr-10; tevens gebruikt voor het testen van een gedeelte van de kaarten RaPr-50,d; RaPr-50; RaPr-50,g en PuPr-50.

Codering van de bodemkaarten

PuFi-	Bodemkaart met een gerichte keuze van de waarnemingspunten en landschappelijke afgrenzing van de kaartvlakken.
RaFi-	Bodemkaart met een aselechte keuze van de waarnemingspunten en landschappelijke afgrenzing van de kaartvlakken.
RaPr-	Bodemkaart met een aselechte keuze van de waarnemingspunten en een proximal afgrenzing van de kaartvlakken.
PuPr-	Bodemkaart met een gerichte keuze van de waarnemingspunten en een proximal afgrenzing van de kaartvlakken.
Pu .	Gerichte keuze der waarnemingspunten (purpositive).
Ra .	Aselechte keuze der waarnemingspunten (random).
. Fi	Landschappelijke afgrenzing (field).
. Pr	Proximal afgrenzing.
..-10	Bodemkaarten van gebied B, schaal 1 : 10 000, met opdrachtenlegenda.
..-50	Bodemkaarten van gebied A, schaal 1 : 50 000, met kaartbladenlegenda.
..-.g	Gegeneraliseerde bodemkaart.
..-.d	Bodemkaart met afwijkende opnamedichtheid; voor bodemkaarten, schaal 1 : 50 000, betreft dit een lagere en bij bodemkaarten, schaal 1 : 10 000, een hogere dichtheid.

Gebiedsaanduiding

A	Gebied met een oppervlakte van 1600 ha, waarvan bodemkaarten zijn gemaakt op schaal 1 : 50 000 met een kaartbladenlegenda.
B	Een binnen gebied A gelegen gebied met een oppervlakte van 400 ha, waarvan bodemkaarten zijn gemaakt op schaal 1 : 10 000 met een opdrachtenlegenda.

Afkortingen

GHG	Gemiddeld hoogste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (voorjaarsstand).
GLG	Gemiddeld laagste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (zomerstand).
Gt	Grondwatertrap, gedefinieerd door een klasse-indeling voor GHG en GLG (zie Appendix).

DANKBETUIGING

Verscheidene medewerkers van de Stichting voor Bodemkartering hebben medewerking verleend aan de totstandkoming van dit onderzoek, hetzij via adviezen, hetzij in discussies. Met name moeten worden genoemd de collega's van de hoofdafdeling Karteringen die de noodzakelijke veldgegevens hebben verzameld: G. Ebbers, D.A. Eilander, D.J. Groot Obbink, C. Hamming, W. Heijink, H. Makken, W.J.M. van der Voort, R. Visschers en F. de Vries.

Van H. de Bakker, afd. Bodemclassificatie, zijn adviezen ontvangen over de aanpassing van de Soil Taxonomy terminologie aan die van het Nederlandse systeem van bodemclassificatie.

Bij het opstellen van de geschiktheidsclassificaties zijn belangrijke adviezen verstrekt door J. Domhof, afd. Akker- en Weidebouw. H.C. van Heesen, afd. Toegepaste Bodemfysica, berekende de waarden voor GHG en GLG uit de gemeten waterstanden door correlatie met de grondwaterstandsgegevens van het Archief van Grondwaterstanden TNO, Delft.

De programmering van de voorbewerking van de gegevens is verricht door medewerkers van IWIS-TNO: J. Schasfoort (thans werkzaam bij Holland Signaal, Hengelo) en J. Denneboom (thans werkzaam bij de Stichting voor Bodemkartering). De programmering en de vervaardiging van de proximal kaarten zijn verzorgd door medewerkers van de afdeling Informatiesysteem Aardwetenschappen: J. van Kuilenburg, P.A. Burrough (thans werkzaam bij de Landbouwhogeschool te Wageningen) en B. Bunschoten (thans werkzaam bij Computervision, Alphen aan den Rijn). De nauwkeurigheidsberekeningen zijn geprogrammeerd door J. de Jonge van het CDC (Control Data Corporation) Rekencentrum in Rijswijk.

Een collega, wiens naam in ieder geval niet onvermeld mag blijven, is Stein W. Bie (thans werkzaam bij Norsk Regnesentral, Oslo). Zijn inzicht en ervaringen zijn van veel betekenis geweest voor dit onderzoek. In het bijzonder in de opzet van het onderzoek heeft hij een belangrijk aandeel gehad.

De wetenschappelijke begeleiding van het onderzoek was in handen van J. Schelling, adjunct-directeur van de Stichting voor Bodemkartering. Zijn adviezen en de met hem gevoerde discussies hebben een grote invloed gehad op de richting en de voltooiing van het onderzoek.

Het teken- en reproductiewerk van de kaartfragmenten, tekstfiguren en tabellen is verricht door C.V.A. Moritz (nu gepensioneerd), H.C. Bos, B. van den Oosterkamp, K. Hulsteijn, W. Bos, M.C. Nater, M.A. Claes en C.Th. van der Schouw. Het rapport is redactioneel gereedgemaakt door J.W. Zwolschen.

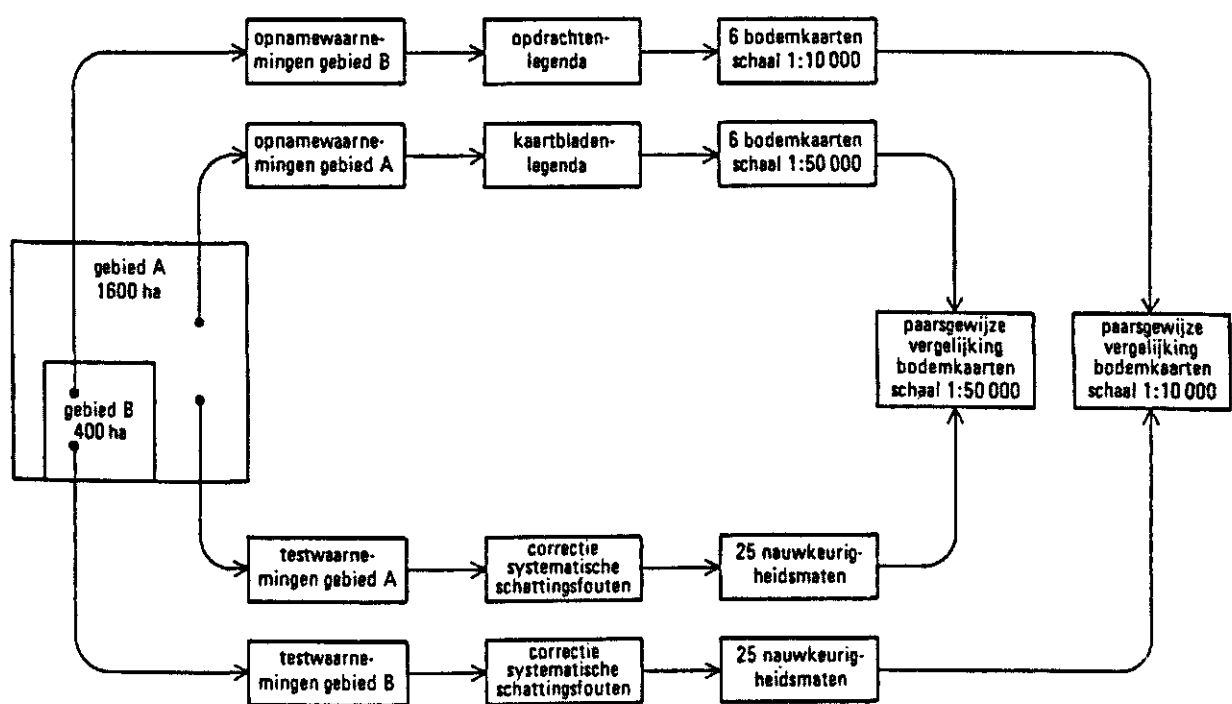
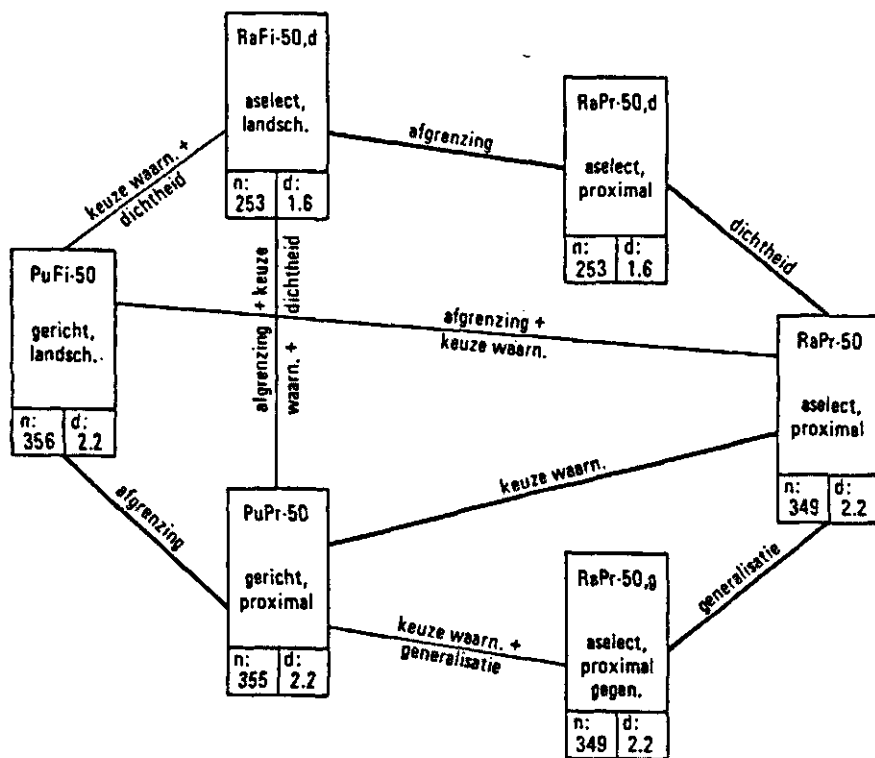
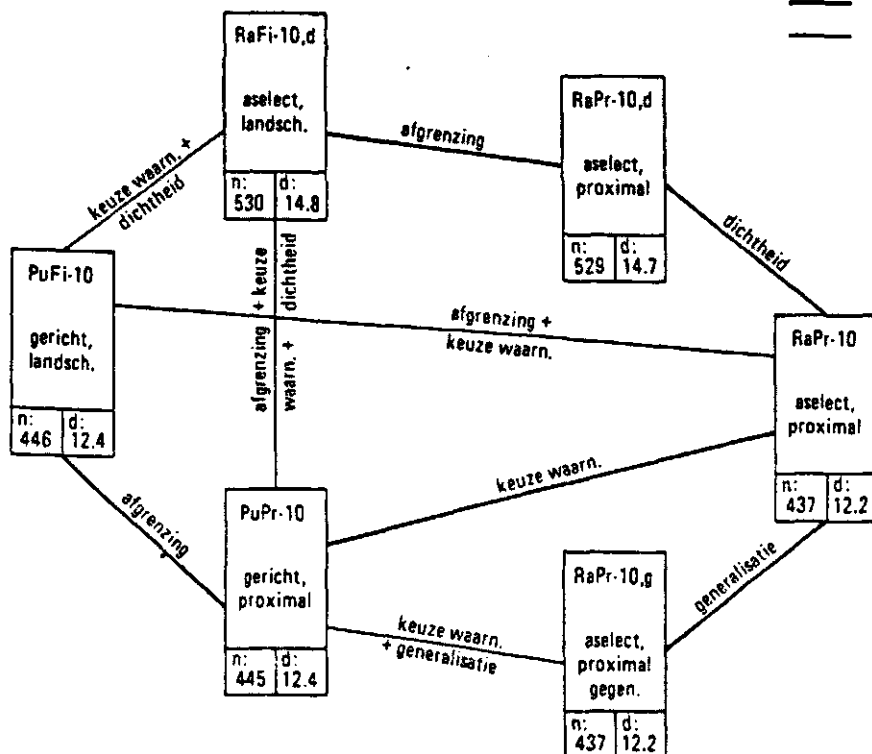


Fig. 1. Schematische weergave van de opzet van het onderzoek.

Bodemkaarten van gebied A, schaal 1:50 000



Bodemkaarten van gebied B, schaal 1:10 000



n: d: aantal waarnemingen en dichtheid per 10 ha, gebruikt bij het maken van de bodemkaart

— kaarten verschillen slechts in één aspect

— kaarten verschillen in meer dan één aspect

Fig. 3. Schematisch overzicht van vergeleken bodemkaarten.

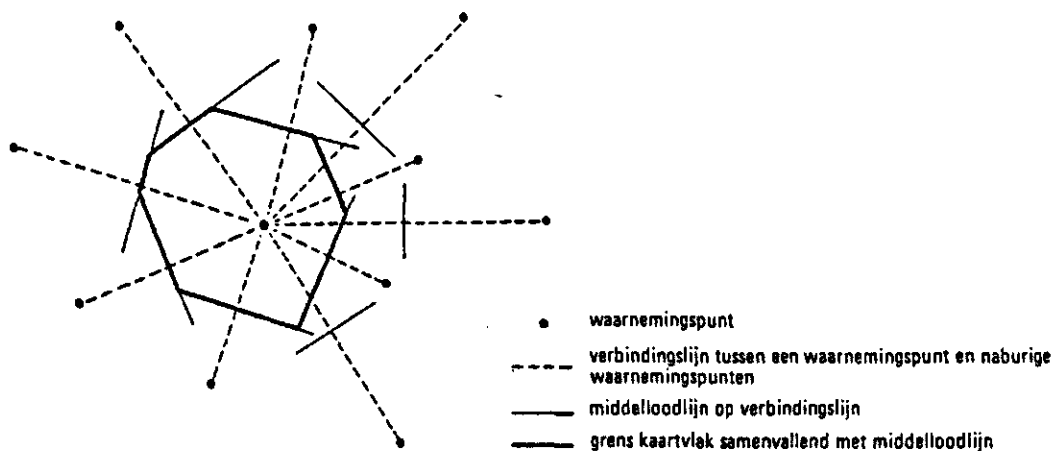


Fig. 4. Afgrenzing van kaartvlakken bij proximal bodemkaarten.

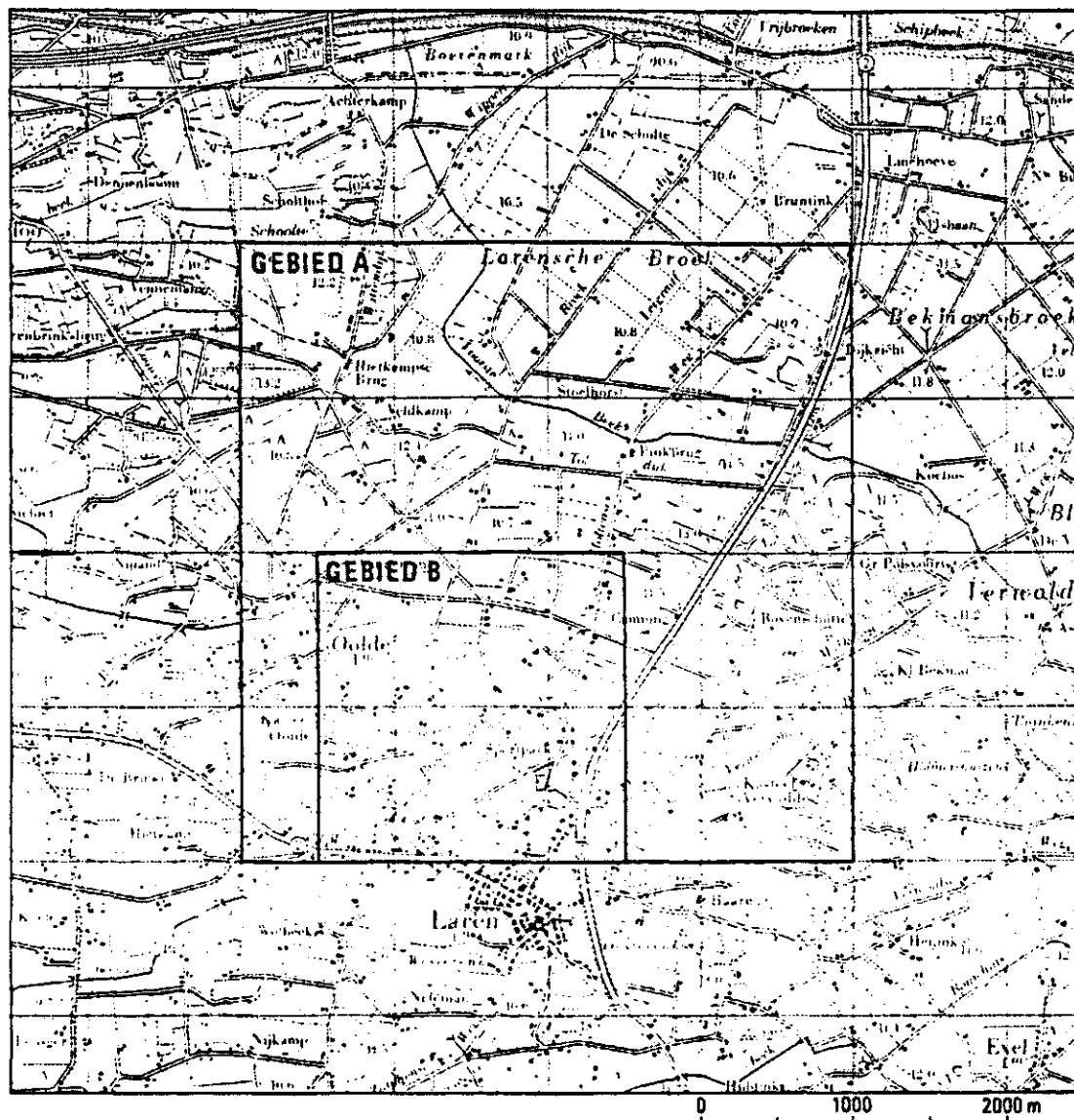


Fig. 5. Ligging onderzoeksgebied.

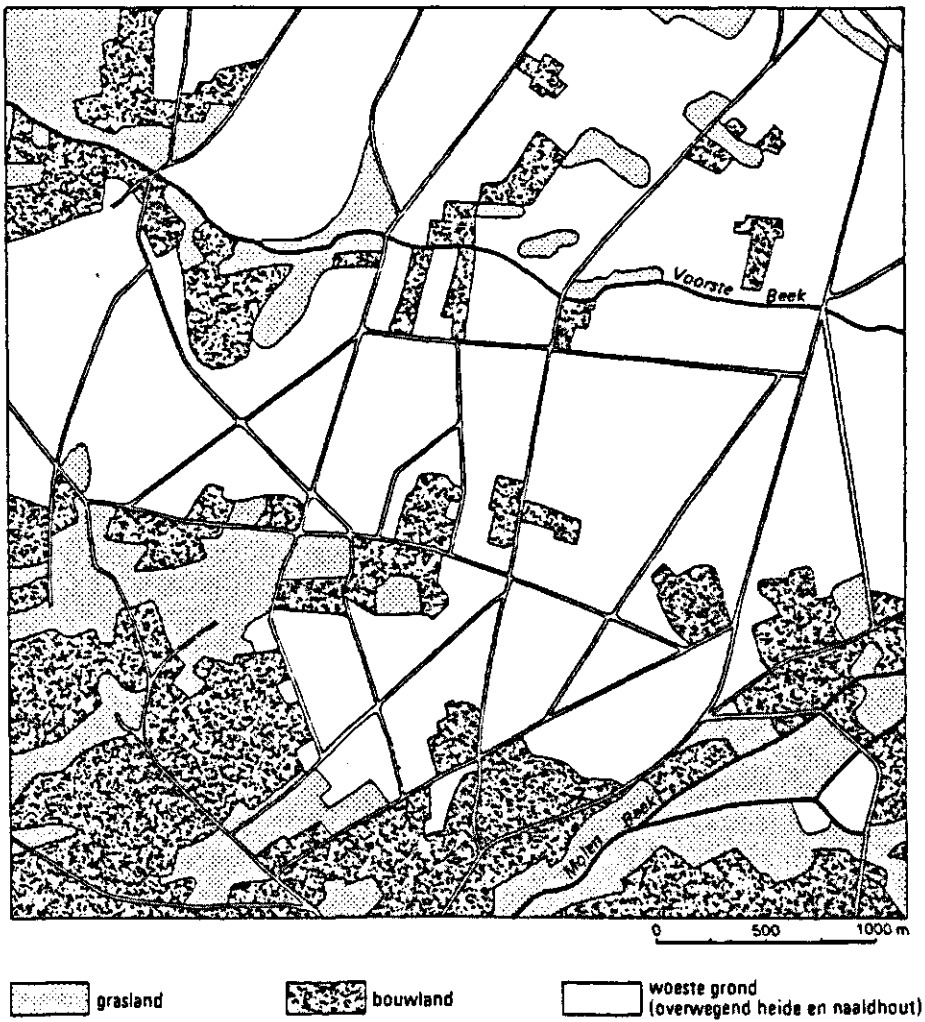


Fig. 6. Bodemgebruik onderzoeksgebied in 1880.

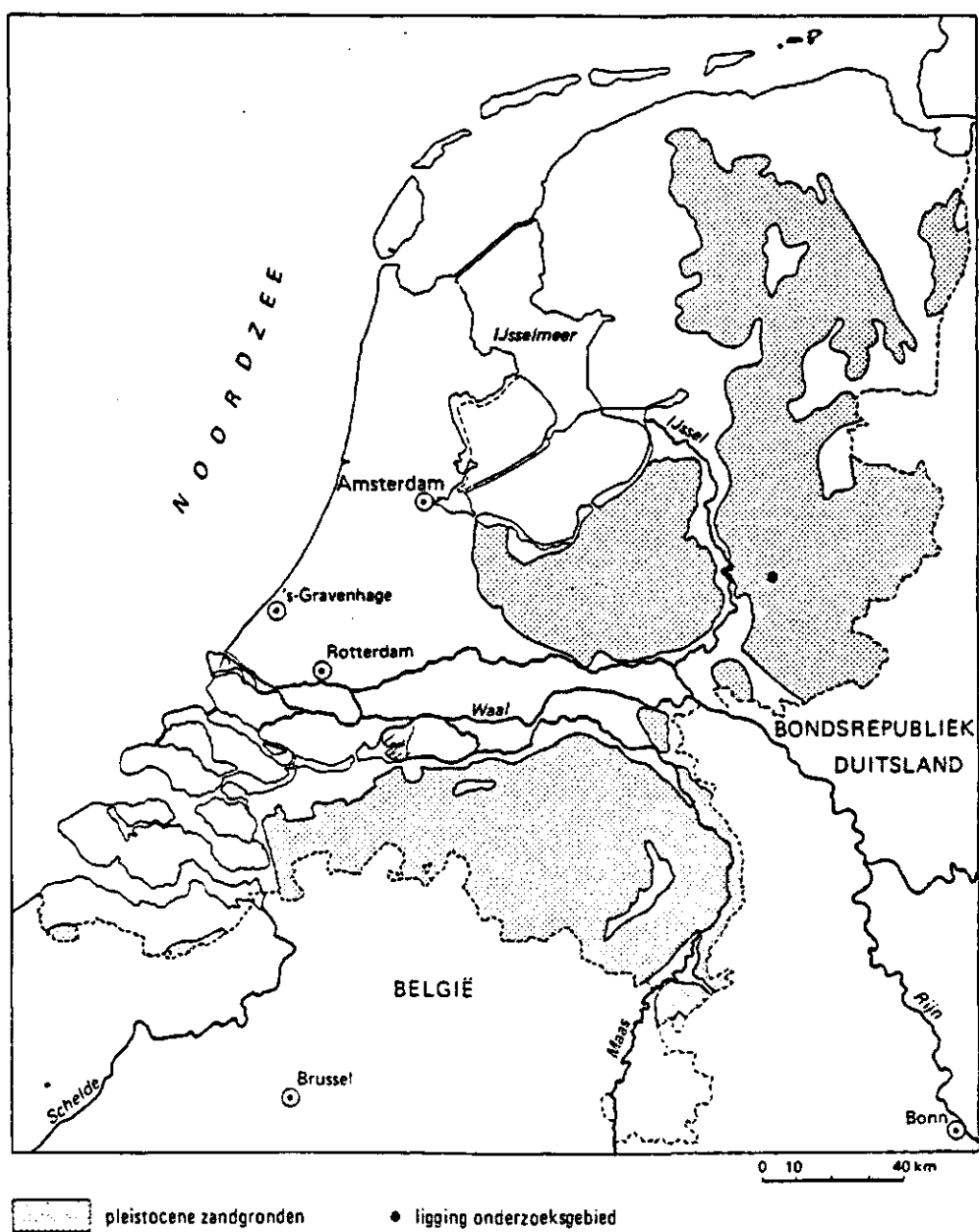


Fig. 7. Verbreiding van de pleistocene zandgronden in Nederland (naar De Bakker, 1979).

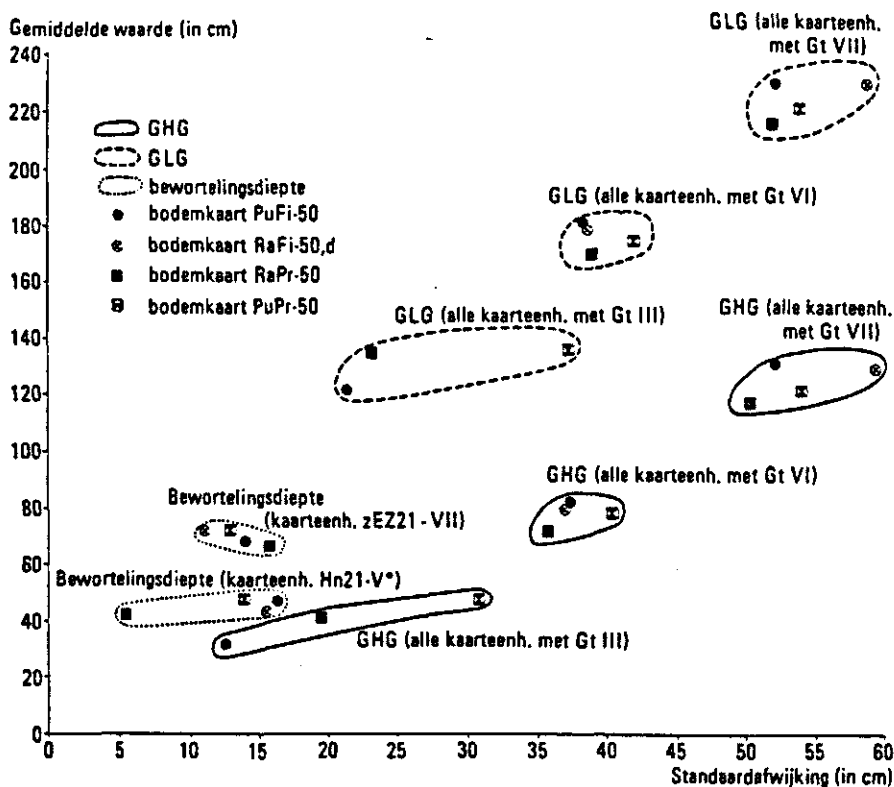


Fig. 8. Het gemiddelde en de standaardafwijking voor GHG, GLG en bewortelingsdiepte bij een aantal kaartenheden en groepen van kaartenheden, onderscheiden op 4 bodemkaarten.

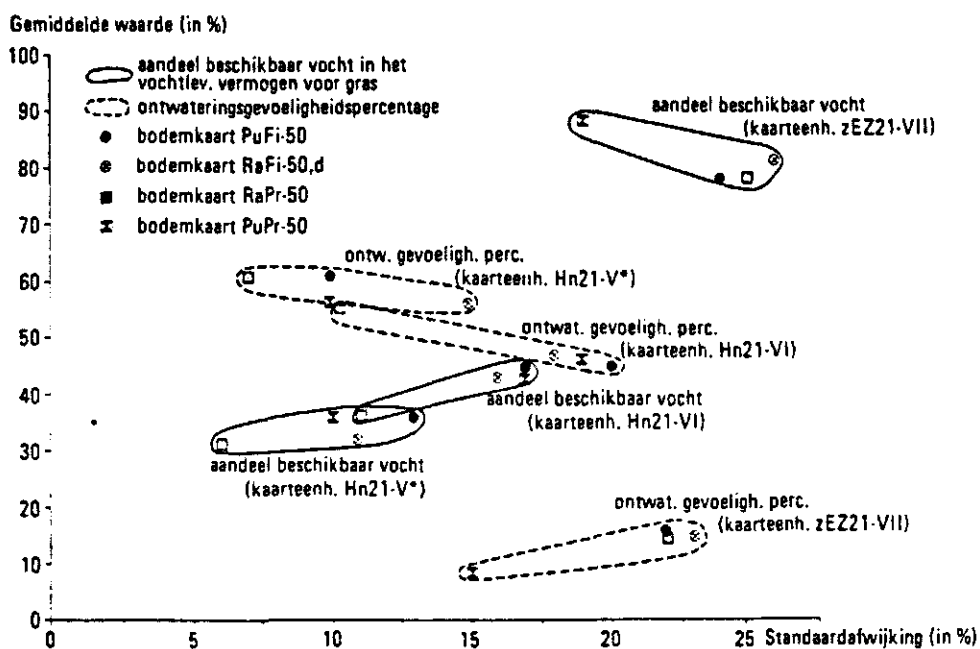


Fig. 9. Het gemiddelde en de standaardafwijking voor het ontwateringsgevoeligheidspercentage en aandeel beschikbaar vocht voor gras bij enkele kaartenheden, onderscheiden op 4 bodemkaarten.

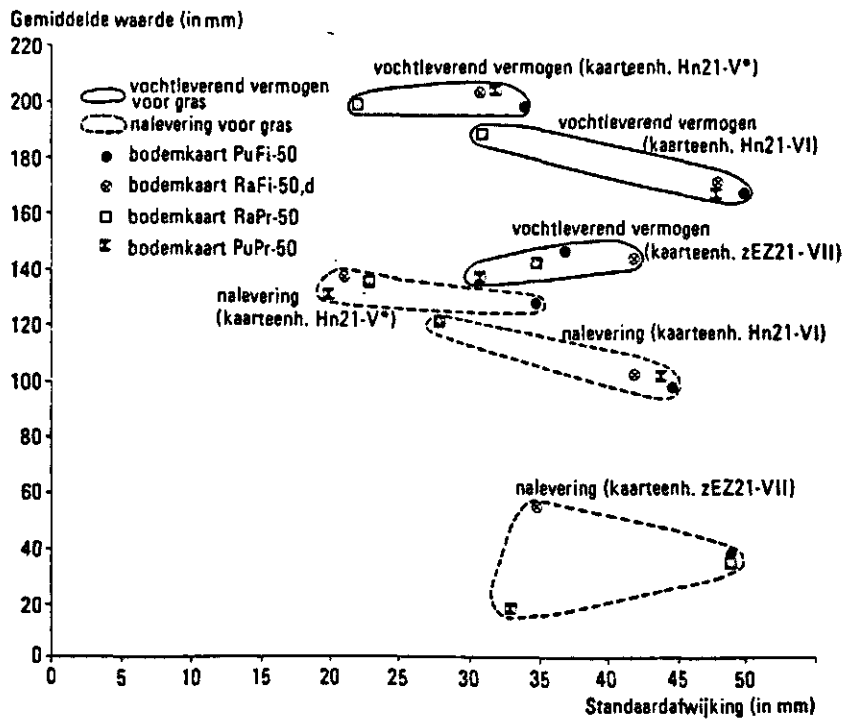


Fig. 10. Het gemiddelde en de standaardafwijking voor vochtleverend vermogen en nalevering voor gras bij enkele kaartenheden, onderscheiden op 4 bodemkaarten.

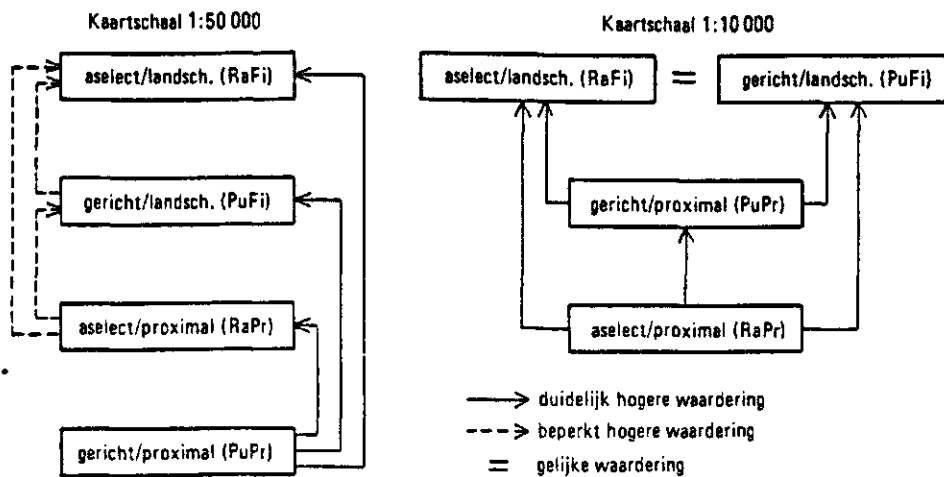


Fig. 11. Rangschikking der karteringsmethoden naar afnemende waardering.

Tabel 1. De waarnemingsseries voor het maken van de bodemkaarten (opname series).

		Nr. van de waarnemingsserie	Keuze van de waarnemingspunten	Aantal	Dichtheid per 10 ha	Nr. van bodem- kaart, waarvoor gebruikt
Gebied A (1600 ha) bodemkaarten 1:50 000						
A - waarnemingsseries		A1	gericht	356	2.2	PuFi - 50; PuPr - 50
		A2	aselect	253	1.6	RaFi - 50,d; RaPr - 50,d
		A2 + 4/10 A3	aselect	349	2.2	RaPr - 50; RaPr - 50,g
Gebied B (400 ha) bodemkaarten 1:10 000		B1	gericht	446	11.2	PuFi - 10; PuPr - 10
		B2	aselect	548	13.7	RaFi - 10,d; RaPr - 10,d
		8/10 B2	aselect	452	11.3	RaPr - 10; RaPr - 10,g
B - waarnemingsseries						

Tabel 2. Codering van de bodemkaarten.

Bodemkaart		Omschrijving		
schaal 1:50 000	schaal 1:10 000	keuze van waarnemingspunten	wijze van afgrenzing	bijzonderheden
PuFi - 50	PuFi - 10	gericht	landschappelijk	—
RaFi - 50,d	RaFi - 10,d	aselect	landschappelijk	afwijkende dichtheid
RaPr - 50,d	RaPr - 10,d	aselect	proximal	afwijkende dichtheid
RaPr - 50	RaPr - 10	aselect	proximal	—
RaPr - 50,g	RaPr - 10,g	aselect	proximal	gegeneraliseerd
PuPr - 50	PuPr - 10	gericht	proximal	—

Pu = gerichte keuze waarnemingspunten (purposive)

Fi = landschappelijke afgrenzing (field)

Ra = aselechte keuze waarnemingspunten (random)

Pr = proximal afgrenzing

Tabel 3. Waarnemingsseries voor het testen van de bodemkaarten.

Gebied	Nr. van de waarnemingsserie	Totaal aantal waarnemingen	Aantal waarnemingen per stratum	Dichtheid per 10 ha
Gebied A (1600 ha) schaal 1:50 000	A3 ^c	256	4	1.6
Gebied B (400 ha) schaal 1:10 000	B3 ^c	576	9	14.4

Tabel 4. De onderzochte bodemkaarten en de aantallen waarnemingen, gebruikt voor het opnemen en testen van de kaarten.

Gebied, Schaal, Classificatie	Soort bodemkaart		Karteringsmethode		Opnameserie en aantal waarnemingen 2)	Testserie en aantal waarnemingen 2)
	Kaartcode 1)	omschrijving	keuze boringen	wijze van afgrenzing		
Gebied A Schaal 1:50 000 Kaartbladenclassificatie 1600 ha	PuFi - 50	landschappelijke afgrenzing en gerichte keuze (kaartbladenkaart)	gericht	landschappelijk	A1 (356)	A2 ^C + A3 ^C (509)
	RaFi - 50,d	landschappelijke afgrenzing van serie aselekt gekozen profielbeschrijvingen	aselekt	landschappelijk	A2 (253)	A3 ^C - 1 (255)
	RaPr - 50,d	proximal kaart van dezelfde waarnemingen als kaart RaFi - 50,d	aselekt	proximal	A2 (253)	A3 ^C (256) B2 ^C + B3 ^C (1100)
	RaPr - 50	proximal kaart als kaart RaPr - 50,d maar met hogere opnamedichtheid	aselekt	proximal	A2 + 4/10 A3 (349)	6/10 A3 ^C (160) B2 ^C + B3 ^C (1100)
	RaPr - 50,g	proximal kaart als kaart RaPr - 50 maar gegenereerd	aselekt	proximal	A2 + 4/10 A3 (349)	6/10 A3 ^C (160) B2 ^C + B3 ^C (1100)
	PuPr - 50	proximal kaart van de profielbeschrijving van de gewone kaartbladen kaart (kaart PuFi - 50)	gericht	proximal	A1 - 1 (355)	A2 ^C + A3 ^C (509) B2 ^C + B3 ^C (1100)
Gebied B Schaal 1:10 000 Opdrachtenclassificatie 400 ha (gekarteed 359 ha bebouwing 41 ha)	PuFi - 10	landschappelijke afgrenzing en gerichte keuze (opdrachtenkaart)	gericht	landschappelijk	B1 (446)	1/4 A2 ^C 1/4 A3 ^C - 2 B2 ^C - 18 B3 ^C - 41 } 1191
	RaFi - 10,d	landschappelijke afgrenzing van serie aselekt gekozen profielbeschrijvingen	aselekt	landschappelijk	B2 - 18 (530)	1/4 A2 ^C 1/4 A3 ^C - 2 B3 ^C - 41 } 661
	RaPr - 10,d	proximal kaart van dezelfde aselekt gekozen profielbeschrijvingen als kaart RaFi - 10,d	aselekt	proximal	B2 - 19 (529)	1/4 A2 ^C 1/4 A3 ^C - 2 B3 ^C - 41 } 661
	RaPr - 10	proximal kaart als kaart RaPr - 10,d maar met lagere opnamedichtheid	aselekt	proximal	8/10 B2 - 15 (437)	1/4 A2 ^C 1/4 A3 ^C - 2 B3 ^C - 41 2/10 B2 ^C - 4 } 753
	RaPr - 10,g	proximal kaart als kaart RaPr - 10 maar gegenereerd	aselekt	proximal	8/10 B2 - 15 (437)	1/4 A3 ^C - 2 1/4 A2 ^C B3 ^C - 41 2/10 B2 ^C - 4 } 753
	PuPr - 10	proximal kaart van de profielbeschrijvingen van de gewone opdrachtenkaart (PuFi - 10)	gericht	proximal	B1 - 1 (445)	1/4 A2 ^C 1/4 A3 ^C - 2 B2 ^C - 18 B3 ^C - 41 } 1191

1) Voor de betekenis van de kaartcode zie tabel 2 en de lijst van symbolen

2) Voor de omschrijving van de opname- en testseries zie de tabellen 1 en 3 en de lijst van symbolen.

Tabel 5. Bodemkaarten die paarsgewijze met elkaar zijn vergeleken.

Paren bodemkaarten		Aspecten waarin de paren van elkaar verschillen
gebied A	gebied B	
PuFi-50 en PuPr-50	PuFi-10 en PuPr-10	afgrenzing
RaFi-50,d en RaPr-50,d	RaFi-10,d en RaPr-10,d	afgrenzing
RaPr-50 en PuPr-50	RaPr-10 en PuPr-10	keuze waarnemingspunt
PuFi-50 en RaFi-50,d	PuFi-10 en RaFi-10,d	keuze waarnemingspunt; dichtheid
PuFi-50 en RaPr-50	PuFi-10 en RaPr-10	keuze waarnemingspunt; afgrenzing
RaPr-50,g en PuPr-50	RaPr-10,g en PuPr-10	keuze waarnemingspunt; generalisatie
RaFi-50,d en PuPr-50	RaFi-10,d en PuPr-10	keuze waarnemingspunt; afgrenzing; dichtheid
RaPr-50,d en RaPr-50	RaPr-10,d en RaPr-10	dichtheid
RaPr-50 en RaPr-50,g	RaPr-10 en RaPr-10,g	generalisatie

Tabel 6. Formules, toegepast voor correctie van veldschattingen.

Variabele	Schatter	Waarnemingsseries	Aantal	Restspreiding	Traject	Correctieformules
Mediaan (m)	B	B2, B3	28	8.77	$m < 110$	152
					$110 < m < 160$	$407.8 - 4.088m + 0.01605m^2$
					$160 < m$	$4 + m$
	A	A2, A3	28	8.57	$m < 90$	156
					$90 < m < 155$	$343.5 - 3.384m + 0.01445m^2$
					$155 < m$	$11 + m$
Leem (l)	B	B2, B3	30	8.00	$0 < l < 100$	l
	A	A2, A3	30	7.19	$0 < l < 100$	$1.627 + 0.7663 l$
Lutum (k)	B	B2, B3	30	1.89	$0 < k < 100$	$1.24 + 0.786k - 0.0157k^2$
	A	A2, A3	30	2.10	$0 < k < 100$	$1.43 + 0.418k$
Humus (h)	B	B2, B3	29	1.20	$0 < h < 100$	$0.752 + 1.1861h$
	A	A2, A3	29	1.62	$0 < h < 100$	$0.733 + 1.1165h$
GLG (L)	B	B2, B3	5	8.35	$0 < L < 120$	L
	A	A2, A3	13	12.74	$0 < L < 120$	$13 + L$
GHG (H)	B	B2, B3	12	16.68	$0 < H < 120$	$0.36 + 1.270H - 0.0012H^2$
	A	A2, A3	47	27.75	$0 < H < 120$	$26.7 - 0.152H + 0.0134H^2$

Tabel 7. Coëfficiënten van veeltermen ter benadering van het vochtleverend vermogen.

i	x_i	Winterrogge b_i	Gras a_i	i	x_i	Winterrogge b_i	Gras a_i
1	I	1.87894×10^2	2.68869×10^2	11	D^3	-1.26445×10^{-4}	-1.66680×10^{-4}
2	D	6.02607×10^{-1}	1.06900	12	D^2V	3.86430×10^{-4}	2.94928×10^{-4}
3	V	-3.50985×10^{-1}	-3.36679×10^{-1}	13	D^2L	8.15622×10^{-7}	1.95619×10^{-4}
4	L	-2.21507×10^{-1}	-4.51455×10^{-1}	14	DV^2	-1.26314×10^{-4}	-1.43832×10^{-4}
5	D^2	-5.29507×10^{-2}	-6.40779×10^{-2}	15	DVL	-1.58004×10^{-4}	-1.55946×10^{-4}
6	DV	3.56911×10^{-2}	4.20700×10^{-2}	16	DL^2	2.73880×10^{-5}	-4.26824×10^{-5}
7	DL	1.50782×10^{-2}	2.16622×10^{-2}	17	V^3	4.45194×10^{-5}	5.79857×10^{-5}
8	V^2	-1.15169×10^{-2}	-1.74990×10^{-2}	18	V^2L	-3.16669×10^{-6}	2.04678×10^{-6}
9	VL	2.41982×10^{-3}	7.28370×10^{-3}	19	VL^2	1.51579×10^{-5}	4.80636×10^{-6}
10	L^2	-3.32730×10^{-3}	-7.80148×10^{-3}	20	L^3	2.38775×10^{-7}	1.65614×10^{-5}

$$\text{Vochtleverend vermogen gras} = \sum_{i=1}^{20} a_i x_i$$

$$\text{Vochtleverend vermogen winterrogge} = \sum_{i=1}^{20} b_i x_i$$

D bewortelingsdiepte

V gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand

L gemiddelde laagste grondwaterstand

Tabel 8. Gradaties van de beoordelingsfactoren voor winterrogge.

Vochtleverend vermogen in 10% jaar		
1	> 163 mm	(E rel = 1.0)
2	> 120 en < 163 mm	(E rel 0,87 – 1.0)
3	> 80 en < 120 mm	(E rel 0,75 – 0.87)
4	< 80 mm	(E rel < 0.75)
Ontwateringstoestand (GHG)		
1	> 50 cm	
2	> 30 en < 50 cm	
3	< 30 cm	
Bewerkbaarheid/verkruielbaarheid		
1	zonder "storende laag" voor winterrogge	
2	met "storende laag" voor winterrogge	

storende laag voor winterrogge is een laag met een dikte van minimaal 10 cm: met een humusgehalte $\geq 15\%$ en beginnend ≤ 20 cm beneden maaiveld of: met een lutumgehalte $\geq 15\%$ en/of een leemgehalte $\geq 35\%$ en beginnend ≤ 30 cm beneden maaiveld, ongeacht de ontwateringstoestand

Tabel 9. De gradaties van de beoordelingsfactoren voor gras.

Vochtleverend vermogen in 10% jaar		
1	> 233 mm	(E rel = 1.0)
2	> 170 en < 233 mm	(E rel 0.87 – 1.0)
3	> 115 en < 170 mm	(E rel 0.75 – 0.87)
4	> 70 en < 115 mm	(E rel 0.65 – 0.75)
5	< 70 mm	(E rel < 0.65)
Ontwateringstoestand (GHG)		
1	> 30 cm	
2	> 15 en < 30 cm	
3	< 15 cm	
Stevigheid (vertrapping)		
1	zonder "storende laag" voor gras	
2	met "storende laag" voor gras	

storende laag voor gras is een laag met een dikte van minimaal 10 cm: met een humusgehalte $\geq 15\%$ en beginnend vanaf het maaiveld of: met een lutumgehalte $\geq 15\%$ en/of leemgehalte $\geq 35\%$, beginnend ≤ 20 cm beneden maaiveld en bij een ontwateringstoestand ≤ 30 cm beneden maaiveld

Tabel 10. Geschiktheidsklassen voor winterrogge.

Omschrijving klassen	Beoordelingsfactoren			Incidentele criteria
	vochtleverend vermogen (mm)	ontwateringstoestand (cm)	bewerkbaarheid/ verkruielbaarheid	
1.1 Zeer goed geschikt (zonder beperkingen)	> 163	> 50	goed	—
1.2 Vrij goed geschikt (geringe beperkingen)	of: 120 – 163	> 50	goed	—
	of: 120 – > 163	30 – 50	goed	met matig dik of dik cultuurdek
	of: 80 – 120	> 50	goed	met dik cultuurdek
2 Matig geschikt (beperkte mogelijkheden)	of: 120 – > 163	> 50	storende laag	—
	of: 120 – > 163	30 – 50	goed	zonder matig dik of dik cultuurdek
	of: 80 – 120	30 – 50	goed	—
	of: 80 – 120	> 50	goed	zonder dik cultuurdek
	—	—	—	—
3 Weinig geschikt (weinig mogelijkheden)	< 80	—	—	—
	of: —	< 30	—	—
	of: —	30 – 50	storende laag	—
	of: 80 – 120	> 50	storende laag	—
	—	—	—	—

Tabel 11. Geschiktheidsklassen voor gras.

Omschrijving klassen	Beoordelingsfactoren		
	vochtleverend vermogen (mm)	ontwateringstoestand (cm)	stevigheid/vertrapping
1.1 Zeer goed geschikt (zonder beperkingen)	170 – > 233	> 30	goed
Vrij goed geschikt (geringe beperkingen)	115 – 170	> 30	goed
2 Matig geschikt (beperkte mogelijkheden)	of: 70 – 115	> 30	goed
	of: 115 – > 233	15 – 30	goed
	of: 115 – > 233	> 30	storende laag
	of: > 233	15 – 30	storende laag
	—	—	—
3 Weinig geschikt (weinig mogelijkheden)	of: < 70	—	—
	of: —	< 15	—
	of: 70 – < 233	15 – 30	storende laag
	of: 70 – 115	15 – 30	goed
	of: 70 – 115	> 30	storende laag
	—	—	—

Tabel 12. Sleutel van de geschiktheidsklassen voor winterrogge op basis van gradaties van beoordelingsfactoren.

Geschiktheidsklasse	Gradaties van:			
	vochtleverend vermogen	ontwaterings-toestand	bewerkbaarheid/verkrui-melbaarheid	
1.1	1	1	1	
1.2	2	1	1	} alleen als een matig dik of dik cultuurdek aanwezig is
	1	2	1	
	2	2	1	} alleen als een dik cultuurdek aanwezig is
	3	1	1	
2	1	1	2	} als geen matig dik of dik cultuurdek aanwezig is
	2	1	2	
	3	2	1	
	1	2	1	
	2	2	1	
	3	1	1	
3	1	3	1	
	1	2	2	
	1	3	2	
	2	3	1	
	2	2	2	
	2	3	2	
	3	3	1	
	3	1	2	
	3	2	2	
	3	3	2	
	4	1	1	
	4	2	1	
	4	3	1	
	4	1	2	
	4	2	2	
	4	3	2	

Tabel 13. Sleutel van de geschiktheidsklassen voor gras op basis van gradaties van beoordelingsfactoren.

Geschiktheidsklasse	Gradaties van:		
	vochtleverend vermogen	ontwaterings-toestand	stevigheid/vertrap-ping
1.1	1	1	1
	2	1	1
1.2	3	1	1
2	1	2	1
	1	1	2
	1	2	2
	2	2	1
	2	1	2
	3	2	1
	3	1	2
	4	1	1
3	1	3	1
	1	3	2
	2	3	1
	2	2	2
	2	3	2
	3	3	1
	3	2	2
	3	3	2
	4	2	1
	4	3	1
	4	1	2
	4	2	2
	4	3	2
	5	1	1
	5	2	1
	5	3	1
	5	1	2
	5	2	2
	5	3	2

Tabel 14. De geschiktheidsklassen voor winterrogge en gras met als ingang de gradaties van beoordelingsfactoren.

WINTERROGGE						
vochtleverend vermogen	ontwateringstoestand					
	1	2	3	1	2	3
	1	1.1	2	2 ¹⁾	3	3
	2	1.2	2	2 ¹⁾	3	3
	3	2 ²⁾	3	2	3	3
	4	3	3	3	3	3
bewerkbaarheid/verkrui-melbaarheid						
	1	2	1	2	1	2

GRAS						
vochtleverend vermogen	ontwateringstoestand					
	1	2	3	1	2	3
	1	1.1	2	2	2	3
	2	1.1	2	2	3	3
	3	1.2	2	2	3	3
	4	2	3	3	3	3
stevigheid/vertrap-ping						
	1	2	1	2	1	2

1) Geschiktheidsklasse 1.2 wordt toegekend, indien een matig dik of dik cultuurdek aanwezig is

2) Geschiktheidsklasse 1.2 wordt toegekend, indien een dik cultuurdek aanwezig is

Tabel 15. Waarden van de homogeniteitsindex bij enige typische oppervlakteverdelingen over vier geschiktheidsklassen.

Oppervlakte verdeling (in %) over de vier geschiktheidsklassen				Homogeniteits-index (in %)
1.1*)	1.2	2	3	
100	0	0	0	100.0
90	10	0	0	76.0
80	20	0	0	57.3
80	10	10	0	54.7
70	20	10	0	38.7
70	10	10	10	36.0
60	40	0	0	36.0
60	30	10	0	28.0
60	20	20	0	25.3
60	20	10	10	22.7
50	50	0	0	33.3
50	40	10	0	22.7
50	30	20	0	17.3
50	30	10	10	14.7
50	20	20	10	12.0
40	40	20	0	14.7
40	40	10	10	12.0
40	30	30	0	12.0
40	30	20	10	6.7
40	20	20	20	4.0
30	30	30	10	4.0
30	30	20	20	1.3
25	25	25	25	0.0

*) Terwille van de overzichtelijkheid is het oppervlaktepercentage van de meest voorkomende geschiktheidsklasse steeds in klasse 1.1 gerangschikt

(N.B. Een verandering van de volgorde bij de oppervlakteverdelingen heeft geen invloed op de waarde van de homogeniteitsindex.)

Tabel 16. Spreiding van bodemeigenschappen, homogeniteitsindices van de geschiktheid en zuiverheidspercentages.

	Gebied A (1:50 000; kaartbladenclassificatie)								Gebied B (1:10 000; opdrachtclassificatie)									
	Gebied- sprei- ding	kaart- bladen- classi- ficatie	Code bodemkaarten						Uitersten spreiding	Gebied- sprei- ding	Opdracht- classi- ficatie	Code bodemkaarten						Uitersten spreiding
			PuFi-50	RaFi-50,d	RaPr-50,d	RaPr-50	RaPr-50,g	PuPr-50				PuFi-10	RaFi-10,d	RaPr-10,d	RaPr-10	RaPr-10,g	PuPr-10	
SPREIDING BODEMEIGENSCHAPPEN																		
GHG (cm)	44.9	11.7	33.5	34.4	34.3	31.9	32.4	36.7	31.9 – 36.7	46.9	13.3	27.1	26.5	31.3	33.5	29.6	28.7	26.5 – 33.5
GLG (cm)	47.4	14.6	34.7	35.1	35.9	34.0	33.5	38.0	33.5 – 38.0	50.5	13.7	28.5	27.6	32.6	35.5	31.8	30.5	27.6 – 35.5
bewortelingsdiepte (cm)	17.8	10.0	16.1	14.4	14.6	14.0	12.8	15.8	12.8 – 16.1	17.9	9.4	14.2	14.4	14.6	14.8	14.3	14.5	14.2 – 14.8
% humus op 10 cm diepte	2.5	1.3	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	2.4	1.4 – 2.4	1.8	1.8	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5 – 1.6
% humus op 30 cm diepte	2.4	1.3	1.9	2.0	2.2	2.1	2.1	2.2	1.9 – 2.2	3.0	2.6	2.5	2.4	2.2	2.4	2.5	2.6	2.2 – 2.6
% humus op 50 cm diepte	2.7	1.3	2.0	2.0	2.5	2.4	2.2	2.5	2.0 – 2.5	4.0	2.6	3.3	3.5	3.4	3.2	3.1	3.2	3.1 – 3.5
vochtleverend vermogen gras (mm)	45	18	40	40	39	38	37	40	37 – 40	40	17	31	29	30	31	30	32	29 – 32
vochtleverend vermogen rogge (mm)	24	12	24	23	22	22	20	22	20 – 24	19	10	17	16	16	16	16	17	16 – 17
beschikbaar vocht gras (mm)	29	13	23	22	23	22	20	25	20 – 25	32	14	22	23	23	23	22	23	22 – 23
beschikbaar vocht rogge (mm)	38	17	30	28	29	28	25	32	25 – 32	43	19	29	31	30	31	29	30	29 – 31
nalevering gras (mm)	51	15	39	39	39	36	35	41	35 – 41	50	16	29	29	33	35	32	31	29 – 35
nalevering rogge (mm)	34	14	27	26	26	25	22	29	22 – 29	34	15	22	24	24	25	23	24	22 – 25
ontwateringsgevoeligheid gras (%)	22	7	17	17	16	16	15	18	15 – 18	21	8	12	12	14	15	13	13	12 – 15
ontwateringsgevoeligheid rogge (%)	20	9	16	16	16	15	13	17	13 – 17	19	9	13	14	14	15	13	14	13 – 15
aandeel beschikbaar vocht gras (%)	22	7	16	16	16	15	14	17	14 – 17	22	7	12	13	15	15	14	13	12 – 15
aandeel beschikbaar vocht rogge (%)	21	9	17	16	16	16	14	18	14 – 18	22	10	15	15	16	16	15	15	15 – 16
HOMOGENITEITSINDICES VAN DE GESCHIKTHEID																		
geschiktheid voor rogge	4.1	52.0	11.7	14.0	14.4	17.5	13.3	14.7	11.7 – 17.5	1.1	44.7	19.5	20.5	16.8	15.9	18.8	20.4	15.9 – 20.5
geschiktheid voor gras	18.9	61.2	25.7	24.0	25.6	29.6	24.9	28.3	24.0 – 29.6	16.3	54.9	32.1	35.6	35.1	32.9	32.4	32.5	32.1 – 35.6
ZUIVERHEIDSPERCENTAGES							1)		1)							1)		1)
strikte zuiverheid	—	—	12.5	9.4	9.7	10.5	17.4	7.4	7.4 – 12.5	—	—	9.3	10.7	9.4	8.0	17.1	8.2	8.0 – 10.7
gemiddelde zuiverheid	—	—	67.2	70.0	63.8	66.4	74.2	65.1	63.8 – 70.0	—	—	61.0	61.8	58.9	58.9	68.2	58.8	58.8 – 61.8
zuiverheid subgroep	—	—	50.8	56.0	48.1	53.3	57.4	41.0	41.0 – 56.0	—	—	51.1	52.4	47.4	44.0	55.7	49.8	44.0 – 52.4
zuiverheid fijnheid zand	—	—	100	100	100	100	100	100	100	—	—	84.2	79.2	79.3	81.6	82.8	83.9	79.2 – 84.2
zuiverheid leemklassen	—	—	92.6	96.6	90.8	90.7	93.5	89.4	89.4 – 96.6	—	—	68.4	72.4	73.2	73.6	82.4	60.7	60.7 – 73.6
zuiverheid toevoegingen	—	—	47.4	58.5	46.7	51.5	71.5	59.0	46.7 – 59.0	—	—	58.7	59.5	50.0	51.7	66.8	57.0	50.0 – 59.5
zuiverheid grondwatertrap	—	—	45.4	39.0	33.5	36.3	48.5	36.1	33.5 – 45.4	—	—	42.7	45.7	44.5	43.6	53.0	42.6	42.6 – 45.7

20.0 bodemkaart met kleinste spreiding of het hoogste zuiverheidspercentage of hoogste homogeniteitsindex

20.0 bodemkaart met grootste spreiding of het laagste zuiverheidspercentage of met laagste homogeniteitsindex

1) Bij de aanduiding voor de hoogste en laagste zuiverheidspercentages en bij de kolom "uitersten spreiding" voor de zuiverheidspercentages zijn de gegeneraliseerde bodemkaarten (.....g) buiten beschouwing gelaten.

Tabel 17. Relatieve spreiding van bodemeigenschappen (in procenten van de gebiedspreiding) en relatieve homogeniteitsindices van de geschiktheid (in procenten van de index van de classificatie)

	Gebied A (1:50 000; kaartbladenclassificatie)									Gebied B (1:10 000; opdrachtenclassificatie)								
	Gebied- sprei- ding	Kaart- bladen- classi- ficatie	PuFi-50	RaFi-50,d	RaPr-50,d	RaPr-50	RaPr-50,g	PuPr-50	Uitersten spreiding	Gebied- spreiding	Opdrach- tenclassi- ficatie	PuFi-10	RaFi-10,d	RaPr-10,d	RaPr-10	RaPr-10,g	PuPr-10	Uitersten spreiding
	absoluut	%	%	%	%	%	%	%	%	absoluut	%	%	%	%	%	%	%	%
SPREIDING BODEMEIGENSCHAPPEN																		
GHG (cm)	44.9	26	75	77	76	71	72	82	71 – 82	46.9	28	58	56	67	71	63	61	56 – 71
GLG (cm)	47.4	31	73	74	75	71	70	80	70 – 80	50.5	27	56	54	65	70	63	60	54 – 70
bewortelingsdiepte (cm)	17.8	56	90	81	82	79	72	89	72 – 90	17.9	53	79	80	82	83	80	81	79 – 83
% humus op 10 cm diepte	2.5	52	64	64	64	60	56	96	56 – 96	1.8	100	89	83	83	83	89	89	83 – 89
% humus op 30 cm diepte	2.4	54	79	83	92	88	88	92	79 – 92	3.0	87	83	80	73	80	83	87	73 – 87
% humus op 50 cm diepte	2.7	48	74	74	93	89	81	96	74 – 96	4.0	65	83	88	85	80	78	80	78 – 88
vochtleverend vermogen gras (mm)	45	40	89	89	87	84	82	89	82 – 89	40	43	78	73	75	78	75	80	73 – 80
vochtleverend vermogen rogge (mm)	24	50	100	96	92	92	83	92	83 – 100	19	53	89	84	84	84	84	89	84 – 89
beschikbaar vocht gras (mm)	29	45	79	76	79	76	69	86	69 – 86	32	44	69	72	72	72	69	72	69 – 72
beschikbaar vocht rogge (mm)	38	45	79	74	76	74	66	84	66 – 84	43	44	67	72	70	72	67	70	67 – 72
nalevering gras (mm)	51	29	76	76	76	71	69	80	69 – 80	50	32	58	58	66	70	64	62	58 – 70
nalevering rogge (mm)	34	41	79	76	76	74	65	85	65 – 85	34	44	65	71	71	73	68	71	65 – 73
ontwateringsgevoeligheid gras (%)	22	32	77	77	73	73	68	82	68 – 82	21	38	57	57	67	71	62	62	57 – 71
ontwateringsgevoeligheid rogge (%)	20	45	80	80	80	75	65	85	65 – 85	19	47	68	74	74	79	68	74	68 – 79
aandeel beschikbaar vocht gras (%)	22	32	73	73	73	68	64	77	64 – 77	22	32	55	59	68	68	64	59	55 – 68
aandeel beschikbaar vocht rogge (%)	21	43	81	78	78	78	67	86	67 – 86	22	45	68	68	73	73	68	68	68 – 73
RELATIEVE HOMOGENITEITSINDICES (in procenten van de index van de classificatie)	%	absoluut	%	%	%	%	%	%	%	%	absoluut	%	%	%	%	%	%	%
geschiktheid voor rogge	8	52.0	23	27	28	34	26	28	23 – 34	2	44.7	44	46	38	36	42	46	36 – 46
geschiktheid voor gras	31	61.2	42	39	42	48	41	46	39 – 48	30	54.9	58	65	64	60	59	59	58 – 65

71 bodemkaart met kleinste spreiding of hoogste homogeniteitsindex

82 bodemkaart met grootste spreiding of met laagste homogeniteitsindex

Tabel 18. Vergelijking van de resultaten van landschappelijke en proximal afgrenzing bij bodemkaarten, schaal 1:50 000 met kaartbladenclassificatie, van gebied A bij zowel een gerichte als een aselechte keuze van de waarnemingen.

Keuze van waarnemingen:	Gerichte waarnemingen		Aselechte waarnemingen		Kaartbladen- classificatie	Gebied A
	landsch. afgr.	proxim. afgr.	landsch. afgr.	proxim. afgr.		
Kaartcode:	PuFi-50	PuPr-50	RaFi-50,d	RaPr-50,d		
ZUIVERHEIDSPERCENTAGES						
strikte zuiverheid (%)	12.5	7.4	9.4	9.7		
gemiddelde zuiverheid (%)	67.2	65.1	70.0	63.8		
zuiverheid subgroepniveau (%)	50.8	41.0	56.0	48.1		
zuiverheid fijnheid zand (%)	100	100	100	100		
zuiverheid lemigheid (%)	92.6	89.4	96.6	90.8		
zuiverheid toevoegingen (%)	47.4	59.0	58.5	46.7		
zuiverheid grondwatertrap (%)	45.4	36.1	39.0	33.5		
HOMOGENITEITSINDICES VAN DE GESCHIKTHEID						
homogeniteitsindex rogge (%)	11.7	14.7	14.0	14.4	52.0	4.1
homogeniteitsindex gras (%)	25.7	28.3	24.0	25.6	61.2	18.9
SPREIDING BODEMEIGENSCHAPPEN						
GHG (cm)	33.5	36.7	34.4	34.3	11.7	44.9
GLG (cm)	34.7	38.0	35.1	35.9	14.6	47.4
bewortelingsdiepte (cm)	16.1	15.8	14.4	14.6	10.0	17.8
humusgehalte; 10 cm diepte	1.6	2.4	1.6	1.6	1.3	2.5
humusgehalte; 30 cm diepte	1.9	2.2	2.0	2.2	1.3	2.4
humusgehalte; 50 cm diepte	2.0	2.5	2.0	2.5	1.3	2.7
vochtleverend vermogen gras (mm)	39.7	39.5	39.6	39.4	17.6	45.0
vochtleverend vermogen rogge (mm)	23.6	21.9	22.6	22.1	11.8	23.6
beschikbaar vocht gras (mm)	23.0	24.7	22.1	22.5	13.7	28.8
beschikbaar vocht rogge (mm)	30.1	32.0	28.3	29.3	17.1	37.5
nalevering gras (mm)	39.0	41.4	39.0	39.0	15.4	51.1
nalevering rogge (mm)	26.8	28.8	25.6	25.9	14.3	33.9
ontwateringsgevoeligheid gras (%)	16.8	17.7	16.7	16.4	6.9	21.6
ontwateringsgevoeligheid rogge (%)	16.4	17.3	15.6	15.6	8.9	20.1
aandeel beschikbaar vocht gras (%)	16.5	17.5	16.5	16.0	6.5	21.8
aandeel beschikbaar vocht rogge (%)	16.9	18.1	16.2	16.2	9.2	21.4

12.5 Gunstigste nauwkeurigheidsmaat bij paarsgewijze vergelijking

67.2 Bij zuiverheidspercentages. Verschil is significant, maar $\leq 4\%$ (zie par. 7.2)

Tabel 19. Vergelijking van de resultaten van landschappelijke en proximal afgrenzing bij bodemkaarten, schaal 1:10 000 met opdrachtenclassificatie, van gebied B bij zowel een gerichte als een aselechte keuze van de waarnemingen.

Keuze van waarnemingen:	Gerichte waarnemingen		Aselechte waarnemingen		Opdrachten- classificatie	Gebied B
Wijze van afgrenzing:	landsch. afgr.	proxim. afgr.	landsch. afgr.	proxim. afgr.		
Kaartcode:	PuFi-10	PuPr-10	RaFi-10,d	RaPr-10,d		
ZUIVERHEIDSPERCENTAGES						
strikte zuiverheid (%)	9.3	8.2	10.7	9.4		
gemiddelde zuiverheid (%)	61.0	58.8	61.8	58.9		
zuiverheid subgroepniveau (%)	51.1	49.8	52.4	47.4		
zuiverheid fijnheid zand (%)	84.2	83.9	79.2	79.3		
zuiverheid lemigheid (%)	68.4	60.7	72.4	73.2		
zuiverheid toevoegingen (%)	58.7	57.0	59.5	50.0		
zuiverheid grondwatertrap (%)	42.7	42.6	45.7	44.5		
HOMOGENITEITSINDICES VAN DE GESCHIKTHEID						
homogeniteitsindex rogge (%)	19.5	20.4	20.5	16.8	44.7	1.1
homogeniteitsindex gras (%)	32.1	32.5	35.6	35.1	54.9	16.3
SPREIDING BODEMEIGENSCHAPPEN						
GHG (cm)	27.1	28.7	26.5	31.3	13.3	46.9
GLG (cm)	28.5	30.5	27.6	32.6	13.7	50.5
bewortelingsdiepte (cm)	14.2	14.5	14.4	14.6	9.4	17.9
humusgehalte; 10 cm diepte	1.6	1.6	1.5	1.5	1.8	1.8
humusgehalte; 30 cm diepte	2.5	2.6	2.4	2.2	2.6	3.0
humusgehalte; 50 cm diepte	3.3	3.2	3.5	3.4	2.6	4.0
vochtleverend vermogen gras (mm)	30.8	31.8	28.8	30.2	17.5	40.4
vochtleverend vermogen rogge (mm)	16.6	17.2	16.2	16.2	10.3	18.6
beschikbaar vocht gras (mm)	22.5	23.3	23.0	22.5	14.2	32.4
beschikbaar vocht rogge (mm)	29.0	30.3	30.5	30.5	18.7	42.7
nalevering gras (mm)	29.5	31.4	28.6	32.5	16.3	49.6
nalevering rogge (mm)	22.6	23.7	23.9	24.4	14.7	33.6
ontwateringsgevoeligheid gras (%)	12.3	13.0	12.5	14.3	7.9	21.0
ontwateringsgevoeligheid rogge (%)	13.4	13.9	14.0	14.4	9.0	19.4
aandeel beschikbaar vocht gras (%)	12.4	13.1	12.8	14.5	7.1	21.7
aandeel beschikbaar vocht rogge (%)	14.6	15.2	15.4	15.7	9.5	21.8

52.4 Gunstigste nauwkeurigheidsmaat bij paarsgewijze vergelijking

61.0 Bij zuiverheidspercentages. Verschil is significant, maar $\leq 4\%$ (zie par. 7.2)

Tabel 20. Vergelijking van de resultaten van gerichte en aselekt gekozen waarnemingen bij bodemkaarten, schaal 1:50 000 met kaartbladenclassificatie, bij zowel een landschappelijke als een proximal afgrenzing.

Wijze van afgrenzing:	Landschappelijke afgr.		Proximal afgr.		Proximal afgr.		Kaart- bladen- classi- ficatie	Gebied A
Keuze van waarnemingen:	gericht	aselect	aselect	gericht	aselect	gericht		
Kaartcode:	PuFi-50	RaFi-50,d	RaPi-50	PuPr-50	RaPr-50,y	PuPr-50		
ZUIVERHEIDSPERCENTAGES								
strikte zuiverheid (%)	12.5	9.4	10.5	7.4	17.4	7.4		
gemiddelde zuiverheid (%)	67.2	(70.0)	66.4	65.1	74.2	65.1		
zuiverheid subgroepniveau (%)	50.8	56.0	(53.3)	41.0	57.4	41.0		
zuiverheid fijnheid zand (%)	100	100	100	100	100	100		
zuiverheid lemigheid (%)	92.6	(96.6)	90.7	89.4	93.5	89.4		
zuiverheid toevoegingen (%)	47.4	(58.5)	51.5	59.0	71.5	59.0		
zuiverheid grondwatertrap (%)	45.4	39.0	36.3	36.1	48.5	36.1		
HOMOGENITEITSINDICES VAN DE GESCHIKTHEID								
homogeniteitsindex rogge (%)	11.7	(14.0)	(17.5)	14.7	13.3	14.7	52.0	4.1
homogeniteitsindex gras (%)	25.7	24.0	29.6	28.3	24.9	(28.3)	61.2	18.9
SPREIDING BODEMEIGENSCHAPPEN								
GHG (cm)	33.5	34.4	(31.9)	36.7	(32.4)	36.7	11.7	44.9
GLG (cm)	34.7	35.1	(34.0)	38.0	(33.5)	38.0	14.6	47.4
bewortelingsdiepte (cm)	16.1	(14.4)	(14.0)	15.8	(12.8)	15.8	10.0	17.8
humusgehalte; 10 cm diepte	1.6	1.6	(1.5)	2.4	(1.4)	2.4	1.3	2.5
humusgehalte; 30 cm diepte	1.9	2.0	2.1	2.2	2.1	2.2	1.3	2.4
humusgehalte; 50 cm diepte	2.0	2.0	2.4	2.5	2.2	2.5	1.3	2.7
vochtleverend vermogen gras (mm)	39.7	39.6	38.5	39.5	(36.9)	39.5	17.6	45.0
vochtleverend vermogen rogge (mm)	23.6	22.6	21.7	21.9	20.1	21.9	11.8	23.6
beschikbaar vocht gras (mm)	23.0	22.1	(22.0)	24.7	(20.1)	24.7	12.7	28.8
beschikbaar vocht rogge (mm)	30.1	28.3	(28.5)	32.0	(25.4)	32.0	17.1	37.5
nalevering gras (mm)	39.0	39.0	(36.5)	41.4	(35.1)	41.4	15.4	51.1
nalevering rogge (mm)	26.8	25.6	(24.9)	28.8	(21.9)	28.8	14.3	33.9
ontwateringsgevoeligheid rogge (%)	16.8	16.7	(15.5)	17.7	(14.7)	17.7	6.9	21.6
ontwateringsgevoeligheid gras (%)	16.4	15.6	(15.2)	17.3	(13.4)	17.3	8.9	20.1
aandeel beschikbaar vocht gras (%)	16.5	16.5	(15.1)	17.5	(14.4)	17.5	6.5	21.8
aandeel beschikbaar vocht rogge (%)	16.9	16.2	(15.7)	18.1	(13.9)	18.1	9.2	21.4

(53.3) Gunstigste nauwkeurigheidsmaat bij paarsgewijze vergelijking

(70.0) Bij zuiverheidspercentages. Verschil is significant, maar $\leq 4\%$

Tabel 21. Vergelijking van de resultaten van gerichte en aselekt gekozen waarnemingen bij bodemkaarten, schaal 1:10 000 met opdrachtclassificatie, bij zowel een landschappelijke als een proximal afgrenzing.

Wijze van afgrenzing:	Landschappelijke afgr.		Proximal afgr.		Proximal afgr.		Opdrach- tenclassi- ficatie	Gebied B
Keuze van waarnemingen:	gericht	aselect	aselect	gericht	aselect	gericht		
Kaartcode:	PuFi-10	RaFi-10,d	RaPr-10	PuPr-10	RaPr-10,g	PuPr-10		
ZUIVERHEIDSPERCENTAGES								
strikte zuiverheid (%)	9.3	10.7	8.0	8.2	17.1	8.2		
gemiddelde zuiverheid (%)	61.0	61.8	58.9	58.8	68.2	58.8		
zuiverheid subgroepniveau (%)	51.1	52.4	44.0	(49.8)	55.7	49.8		
zuiverheid fijnheid zand (%)	(84.2)	79.2	81.6	(83.9)	82.8	83.9		
zuiverheid leemigheid (%)	68.4	72.4	(73.6)	60.7	82.4	60.7		
zuiverheid toevoegingen (%)	58.7	59.5	51.7	(57.0)	66.8	57.0		
zuiverheid grondwatertrap (%)	42.7	45.7	43.6	42.6	53.0	42.6		
HOMOGENITEITSINDICES VAN DE GESCHIKTHEID								
homogeniteitsindex rogge (%)	19.5	20.5	15.9	(20.4)	18.8	20.4	44.7	1.1
homogeniteitsindex gras (%)	32.1	(35.6)	32.9	32.5	32.4	32.5	54.9	16.3
SPREIDING BODEMEIGENSCHAPPEN								
GHG (cm)	27.1	26.5	33.5	(28.7)	29.6	28.7	13.3	46.9
GLG (cm)	28.5	27.6	35.5	(30.5)	31.8	30.5	13.7	50.5
bewortelingsdiepte (cm)	14.2	14.4	14.8	14.5	14.3	14.5	9.4	17.9
humusgehalte; 10 cm diepte	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.8	1.8
humusgehalte; 30 cm diepte	2.5	2.4	2.4	2.6	2.5	2.6	2.6	3.0
humusgehalte; 50 cm diepte	3.3	3.5	3.2	3.2	3.1	3.2	2.6	4.0
vochtleverend vermogen gras (mm)	30.8	(28.8)	31.3	31.8	(29.8)	31.8	17.5	40.4
vochtleverend vermogen rogge (mm)	16.6	16.2	16.3	17.2	15.9	17.2	10.3	18.6
beschikbaar vocht gras (mm)	22.5	23.0	23.2	23.3	21.8	23.3	14.2	32.4
beschikbaar vocht rogge (mm)	29.0	30.5	31.1	30.3	29.0	30.3	18.7	42.7
nalevering gras (mm)	29.5	28.6	35.1	(31.4)	31.6	31.4	16.3	49.6
nalevering rogge (mm)	22.6	23.9	25.0	23.7	22.9	23.7	14.7	33.6
ontwateringsgevoeligheid gras (%)	12.3	12.5	15.1	(13.0)	13.3	13.0	7.9	21.0
ontwateringsgevoeligheid rogge (%)	13.4	14.0	14.6	13.9	13.4	13.9	9.0	19.4
aandeel beschikbaar vocht gras (%)	12.4	12.8	15.5	(13.1)	13.5	13.1	7.1	21.7
aandeel beschikbaar vocht rogge (%)	14.6	15.4	16.0	15.2	14.7	15.2	9.5	21.8

(49.8) Gunstigste nauwkeurigheidsmaat bij paarsgewijze vergelijking

(83.9) Bij zuiverheidspercentages. Verschil is significant, maar $\leq 4\%$

Tabel 22. Duidelijke verschillen tussen paren van bodemkaarten, waarbij slechts één aspect van de karteringsmethode varieert.

Wijze van afgrenzing/ keuze van waarnemingen	Landschappelijke afgrenzing		Proximal afgrenzing				Gerichte waarnemingen		Aselecte waarnemingen	
	A	B	A		B		A	B	A	B
Gebied:										
Kaartschaal:	1:50 000	1:10 000	1:50 000		1:10 000		1:50 000	1:10 000	1:50 000	1:10 000
Kaartcode:	PuFi-50 RaFi-50,d	PuFi-10 RaFi-10,d	RaPr-50 PuPr-50	RaPr-50,g PuPr-50	RaPr-10 PuPr-10	RaPr-10,g PuPr-10	PuFi-50 PuPr-50	PuFi-10 PuPr-10	RaFi-50,d RaPr-50,d	RaFi-10,d RaPr-10,d
ZUIVERHEIDSPERCENTAGES strikte zuiverheid (%)							●			
gemiddelde zuiverheid (%)	■						○	○	●	○
zuiverheid subgroepniveau (%)			■		●		●		●	●
zuiverheid fijnheid zand (%)		●			○					
zuiverheid leemigheid (%)	■				■		○	●	●	
zuiverheid toevoegingen (%)	■				●		■		●	●
zuiverheid grondwatertrap (%)							●			
HOMOGENITEITSINDICES VAN DE GESCHIKTHEID homogeniteitsindex rogge (%)	■		■		●		■			●
homogeniteitsindex gras (%)		■		●			■			
SPREIDING BODEMEIGENSCHAPPEN GHG (cm)			■	■	●		●			●
GLG (cm)			■	■	●		●	●		●
bewortelingsdiepte (cm)	■		■	■						
humusgehalte; 10 cm diepte			■	■			●			
humusgehalte; 30 cm diepte										
humusgehalte; 50 cm diepte										
vochtleverend vermogen gras (mm)		■		■		■				
vochtleverend vermogen rogge (mm)										
beschikbaar vocht gras (mm)			■	■						
beschikbaar vocht rogge (mm)			■	■						
nalevering gras (mm)			■	■	●		●			●
nalevering rogge (mm)			■	■			●			
ontwateringsgevoeligheid rogge (%)			■	■	●					
ontwateringsgevoeligheid gras (%)			■	■						
aandeel beschikbaar vocht gras (%)			■	■	●					
aandeel beschikbaar vocht rogge (%)			■	■						

● Gerichte waarneming in het voordeel en verschil in het zuiverheidspercentage > 4%

■ Aselecte waarneming in het voordeel, en verschil in het zuiverheidspercentage > 4%

○ Gerichte waarneming in het voordeel, maar verschil in het zuiverheidspercentage ≤ 4%

□ Aselecte waarneming in het voordeel, maar verschil in het zuiverheidspercentage ≤ 4%

● Landschappelijke afgrenzing in het voordeel en verschil in het zuiverheidspercentage > 4%

■ Proximal afgrenzing in het voordeel en verschil in het zuiverheidspercentage > 4%

○ Landschappelijke afgrenzing in het voordeel, maar verschil in het zuiverheidspercentage ≤ 4%

Tabel 23. Vergelijking van paren bodemkaarten, waarbij beide aspecten van de karteringsmethode verschillen.

Gebied:	A		B		A		B	
Schaal:	1:50 000		1:10 000		1:50 000		1:10 000	
Wijze van afgrenzing:	landschap- pelijk	proximal	landschap- pelijk	proximal	landschap- pelijk	proximal	landschap- pelijk	proximal
Keuze van waarnemingen:	gericht	aselect	gericht	aselect	aselect	gericht	aselect	gericht
Kaartcode:	PuFi-50	RaPr-50	PuFi-10	RaPr-10	RaFi-50,d	PuPr-50	RaFi-10,d	PuPr-10
ZUIVERHEIDSPERCENTAGES								
strikte zuiverheid (%)	12.5	10.5	9.3	8.0	9.4	7.4	10.7	8.2
gemiddelde zuiverheid (%)	67.2	66.4	(61.0)	58.9	(70.0)	65.1	(61.8)	58.8
zuiverheid subgroepniveau (%)	50.8	53.3	(51.1)	44.0	(56.0)	41.0	52.4	49.8
zuiverheid fijnheid zand (%)	100	100	(84.2)	81.6	100	100	79.2	(83.9)
zuiverheid lemigheid (%)	92.6	90.7	68.4	(73.6)	(96.6)	89.4	(72.4)	60.7
zuiverheid toevoegingen (%)	47.4	51.5	(58.7)	51.7	58.5	59.0	59.5	57.0
zuiverheid grondwatertrap (%)	(45.4)	36.3	42.7	43.6	39.0	36.1	45.7	42.6
HOMOGENITEITSINDICES VAN DE GESCHIKTHEID								
homogeniteitsindex rogge (%)	11.7	(17.5)	(19.5)	15.9	14.0	14.7	20.5	20.4
homogeniteitsindex gras (%)	25.7	(29.6)	32.1	32.9	24.0	(28.3)	(35.6)	32.5
SPREIDING BODEMEIGENSCHAPPEN								
GHG (cm)	33.5	31.9	(27.1)	33.5	(34.4)	36.7	(26.5)	28.7
GLG (cm)	34.7	34.0	(28.5)	35.5	(35.1)	38.0	(27.6)	30.5
bewortelingsdiepte (cm)	16.1	(14.0)	14.2	14.8	(14.4)	15.8	14.4	14.5
humusgehalte; 10 cm diepte	1.6	1.5	1.6	1.5	(1.6)	2.4	1.5	1.6
humusgehalte; 30 cm diepte	1.9	2.1	2.5	2.4	2.0	2.2	2.4	2.6
humusgehalte; 50 cm diepte	2.0	2.4	3.3	3.2	2.0	2.5	3.5	3.2
vochtleverend vermogen gras (mm)	39.7	38.5	30.8	31.3	39.6	39.5	(28.8)	31.8
vochtleverend vermogen rogge (mm)	23.6	21.7	16.6	16.3	22.6	21.9	16.2	17.2
beschikbaar vocht gras (mm)	23.0	22.0	22.5	23.2	(22.1)	24.7	23.0	23.3
beschikbaar vocht rogge (mm)	30.1	28.5	(29.0)	31.1	(28.3)	32.0	30.5	30.3
nalevering gras (mm)	39.0	(36.5)	(29.5)	35.1	(39.0)	41.4	(28.6)	31.4
nalevering rogge (mm)	26.8	24.9	(22.6)	25.0	(25.6)	28.8	23.9	23.7
ontwateringsgevoeligheid gras (%)	16.8	15.5	(12.3)	15.1	16.7	17.7	12.5	13.0
ontwateringsgevoeligheid rogge (%)	16.4	15.2	13.4	14.6	15.6	17.3	14.0	13.9
aandeel beschikbaar vocht gras (%)	16.5	15.1	(12.4)	15.5	16.5	17.5	12.8	13.1
aandeel beschikbaar vocht rogge (%)	16.9	15.7	14.6	16.0	16.2	18.1	15.4	15.2

(70.0) Gunstigste nauwkeurigheidsmaat bij paarsgewijze vergelijking.

(61.0) Bij zuiverheidspercentages. Verschil is significant, maar $\leq 4\%$ (par. 7.2)

Tabel 24. Duidelijke verschillen tussen paren van bodemkaarten, waarbij beide aspecten van de karteringsmethode verschillen.

Vergeleken karteringsmethoden:	gericht landschappelijk/ aselect, proximal		aselect, landschappelijk/ gericht, proximal	
Gebied:	A	B	A	B
Kaartschaal:	1:50 000	1:10 000	1:50 000	1:10 000
Kaartcode:	PuFi-50 RaPr-50	PuFi-10 RaPr-10	RaFi-50,d PuPr-50	RaFi-10,d PuPr-10
ZUIVERHEIDSPERCENTAGES				
strikte zuiverheid (%)				
gemiddelde zuiverheid (%)		○	●	○
zuiverheid subgroepniveau (%)		●	●	
zuiverheid fijnheid zand (%)		○		■
zuiverheid lemigheid (%)		■	●	●
zuiverheid toevoegingen (%)		●		
zuiverheid grondwatertrap (%)	●			
HOMOGENITEITSINDICES VAN DE GESCHIKTHEID				
homogeniteitsindex rogge (%)	■	●		
homogeniteitsindex gras (%)	■		■	●
SPREIDING BODEMEIGENSCHAPPEN				
GHG (cm)		●	●	●
GLG (cm)		●	●	●
bewortelingsdiepte (cm)	■		●	
humusgehalte; 10 cm diepte			●	
humusgehalte; 30 cm diepte				
humusgehalte; 50 cm diepte				
vochtleverend vermogen gras (mm)				●
vochtleverend vermogen rogge (mm)				
beschikbaar vocht gras (mm)			●	
beschikbaar vocht rogge (mm)		●	●	
nalevering gras (mm)	■	●	●	●
nalevering rogge (mm)		●	●	
ontwateringsgevoeligheid gras (%)		●		
ontwateringsgevoeligheid rogge (%)				
aandeel beschikbaar vocht gras (%)		●		
aandeel beschikbaar vocht rogge (%)				●

Linker deel van de tabel :

- Gerichte waarneming en landschappelijke afgrenzing in het voordeel.
- Gerichte waarnemingen en landschappelijke afgrenzing in het voordeel, maar verschil in het zuiveringspercentage < 4%
- Aselect waarneming en proximal afgrenzing in het voordeel

Rechter deel van de tabel :

- Aselecte waarneming en landschappelijke afgrenzing in het voordeel.
- Aselecte waarneming en landschappelijke afgrenzing in het voordeel, maar verschil in het zuiverheidspercentage < 4%
- Gerichte waarneming en proximal afgrenzing in het voordeel

Tabel 25. Aantallen kaarteenheden en kaartvlakken en hun oppervlakteverdeling op de verschillende bodemkaarten.

Bodem- kaart nr.	Aantal waarn. voor opname	Aantal kaart- eenh.	Aantal kaart- vlakken	Gem. aantal vlakken per kaarteenh.	Gem. oppervl. per kaartvlak in ha	Procentuele verdeling van het aantal kaarteenheden naar hun oppervlakte (in % van kaartoppervlak)		
						< 1%	1-5%	> 5%
Bodemkaarten schaal 1:50 000 (gebied A)								
PuFi-50	356	22	66	3	25	23	45	32
RaFi-50,d	253	19	36	2	44	26	37	37
RaPr-50,d	253	81	183	2.2	9	63	32	5
RaPr-50	349	100	251	2.5	6.4	69	26	5
RaPr-50,g	349	64	66	1	25	41	56	3
PuPr-50	355	48	226	4.5	7	54	38	8
Bodemkaarten schaal 1:10 000 (gebied B)								
PuFi-10	446	52	145	3	2.5	58	38	4
RaFi-10,d	530	36	131	3.5	2.7	39	50	11
RaPr-10,d	529	163	426	2.6	0.85	85	14	1
RaPr-10	437	148	356	2.4	1.0	84	14	1
RaPr-10,g	437	99	110	1.1	3.3	67	33	0
PuPr-10	445	85	262	3.1	1.4	68	28	4

Tabel 26. Paarsgewijze vergelijking van karteringsmethoden op grond van nauwkeurigheidsmaten.

Nrs. bodemkaarten	Karteringsmethoden die zijn vergeleken	Gunstige methode en aantal nauwkeurigheidsmaten met duidelijk verschil bij:			
		kaartschaal 1:50 000		kaartschaal 1:10 000	
PuFi-50 en RaFi-50,d PuFi-10 en RaFi-10,d	gericht/landsch. en aselect/landsch.	<u>aselect/landsch.</u>	5	==	2
PuFi-50 en RaPr-50 PuFi-10 en RaPr-10	gericht/landsch. en aselect/proximal	<u>aselect/proximal</u>	4	<u>gericht/landsch.</u>	12
PuFi-50 en PuPr-50 PuFi-10 en PuPr-10	gericht/landsch. en gericht/proximal	<u>gericht/landsch.</u>	10	<u>gericht/landsch.</u>	3
RaFi-50,d en RaPr-50,d RaFi-10,d en RaPr-10,d	aselect/landsch. en aselect/proximal	<u>aselect/landsch.</u>	4	<u>aselect/landsch.</u>	7
RaFi-50,d en PuPr-50 RaFi-10,d en PuPr-10	aselect/landsch. en gericht/proximal	<u>aselect/landsch.</u>	11	<u>aselect/landsch.</u>	7
RaPr-50 en PuPr-50 RaPr-10 en PuPr-10	aselect/proximal en gericht/proximal	<u>aselect/proximal</u>	14	<u>gericht/proximal</u>	9
RaPr-50,g en PuPr-50 ^{*)} RaPr-10,g en PuPr-10	aselect/proximal en gericht/proximal ^{*)} (gegeneraliseerd)	<u>aselect/proximal (gegen.)</u>	13 ^{*)}	==	1 ^{*)}

— gunstigste karteringsmethode met duidelijke verschillen bij 7 of meer nauwkeurigheidsmaten

— in beperkte mate gunstigste methode met duidelijke verschillen bij een klein aantal (< 7) nauwkeurigheidsmaten

== gelijkwaardige karteringsmethoden; duidelijke verschillen zijn aanwezig bij ten hoogste 2 nauwkeurigheidsmaten

^{*)} Vergelijking waarbij generalisatie is toegepast; de 7 zuiverheidsmaten zijn buiten beschouwing gebleven, wegens de daarbij toegepaste grotere klassebreedtes

Tabel 27. Paarsgewijze vergelijking van karteringsmethoden op grond van nauwkeurigheidsmaten en leesbaarheid.

Nrs. bodemkaarten	Karteringsmethoden die zijn vergeleken	Gunstigste methode op grond van de nauwkeurigheidsmaten en de leesbaarheid	
		kaartschaal 1:50 000	kaartschaal 1:10 000
PuFi-50 en RaFi-50,d PuFi-10 en RaFi-10,d	gericht/landsch. en aselect/landsch.	<u>aselect/landsch.</u>	==
PuFi-50 en RaPr-50 PuFi-10 en RaPr-10	gericht/landsch. en aselect/proximal	<u>gericht/landsch.</u> ¹⁾	<u>gericht/landsch.</u>
PuFi-50 en PuPr-50 PuFi-10 en PuPr-10	gericht/landsch. en gericht/proximal	<u>gericht/landsch.</u>	<u>gericht/landsch.</u> ¹⁾
RaFi-50,d en RaPr-50,d RaFi-10,d en RaPr-10,d	aselect/landsch. en aselect/proximal	<u>aselect/landsch.</u> ¹⁾	<u>aselect/landsch.</u>
RaFi-50,d en PuPr-50 RaFi-10,d en PuPr-10	aselect/landsch. en gericht/proximal	<u>aselect/landsch.</u>	<u>aselect/landsch.</u>
RaPr-50 en PuPr-50 RaPr-10 en PuPr-10	aselect/proximal en gericht/proximal	<u>aselect/proximal</u>	<u>gericht/proximal</u>
RaPr-50,g en PuPr-50 ^{*)} RaPr-10,g en PuPr-10	aselect/proximal en gericht/proximal ^{*)} (gegeneraliseerd)	<u>aselect/proximal (gegen.)</u> ^{*)}	== ^{*)}

— duidelijk gunstigste karteringsmethode

— in beperkte mate gunstigste methode

== gelijkwaardige karteringsmethode

¹⁾ Gewijzigde relatie in vergelijking met tabel 26 ten gevolge van verschillen in leesbaarheid

^{*)} Vergelijking waarbij generalisatie is toegepast; de 7 zuiverheidsmaten zijn buiten beschouwing gebleven, wegens de daarbij toegepaste grotere klassebreedtes

Tabel 28. Het gemiddelde en de standaardafwijking van een aantal bodemeigenschappen bij enkele kaarteenheden, onderscheiden op vier bodemkaarten.

				Gemiddelde										Standaardafwijkingen									
Code bodem-kaart	Kaart-eenheid	Aantal bodemprof. voor het testen	Oppervl. in % v.h. kaartopp.	GHG (cm)	GLG (cm)	Bewort. diepte (cm)	vochtlev. vermogen (mm)	vochtlev. vermogen (mm)	rogge (mm)	nalevering gras (mm)	ontwat. gevoeligh. gras (%)	aandeel beschikb. vocht gras (%)	GHG (cm)	GLG (cm)	Bewortel. diepte (cm)	vochtlev. vermogen (mm)	vochtlev. vermogen (mm)	rogge (mm)	nalevering gras (mm)	ontwat. gevoeligh. gras (%)	aandeel beschikb. vocht gras (%)		
PuFi-50	Hn21-V*	57	10.9	56.1	150.6	47.5	198	153	129	56	36	36	25.7	29.5	16.4	34	18	35	15	13	13		
RaFi-50,d	Hn21-V*	31	12.0	49.0	139.6	43.5	203	153	138	61	32	32	19.7	20.1	15.8	31	16	21	10	11	11		
RaPr-50	Hn21-V*	3	2.1	53.8	150.0	41.3	199	155	137	61	31	31	17.9	19.6	5.6	22	10	23	7	6	6		
PuPr-50	Hn21-V	153	11.0	51.0	146.3	46.6	204	155	131	56	36	36	22.1	23.7	14.0	32	17	20	10	10	10		
PuFi-50	Hn21-VI	131	26.2	78.4	176.5	48.2	166	138	97	45	45	45	35.1	35.8	17.3	50	32	45	20	17	17		
RaFi-50,d	Hn21-VI	71	27.3	76.6	172.6	45.0	170	138	101	47	43	43	31.8	33.4	13.8	48	30	42	18	16	16		
RaPr-50	Hn21-VI	60	5.1	61.0	157.1	41.8	189	150	121	56	36	36	20.5	22.5	13.1	31	18	28	10	11	11		
PuPr-50	Hn21-VI	249	19.3	76.7	172.6	45.1	168	139	101	47	43	43	37.3	38.0	15.8	48	29	44	19	17	17		
PuFi-50	zEZ23-VII	58	11.2	136.6	255.3	69.6	146	150	38	16	79	79	54.2	54.3	14.1	37	15	49	22	24	24		
RaFi-50,d	zEZ21-VII	13	5.2	140.0	239.8	73.0	144	151	35	15	82	82	57.6	57.6	11.2	42	9.8	55	23	26	26		
RaPr-50	zEZ21-VII	89	6.5	137.3	236.3	66.4	142	147	35	15	79	79	48.1	48.5	15.8	35	19	49	22	25	25		
PuPr-50	zEZ23-VII	79	4.2	159.0	259.6	73.0	136	148	19	8	88	88	49.0	49.8	13.0	31	18	33	15	19	19		
PuFi-50	alle kaart-eenheden	31	6.4	32.9	121.9	44.6	224	163	149	60	34	34	12.7	21.7	12.4	13	1	19	8	8	8		
RaFi-50,d	alle kaart-eenheden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
RaPr-50	alle kaart-eenheden met Gt III	144	16.4	43.6	136.0	41.3	209	156	142	60	32	32	19.4	23.2	11.6	30	15	29	10	10	10		
PuPr-50	alle kaart-eenheden met Gt III	184	12.0	48.9	138.8	48.4	211	160	133	55	38	38	31.0	37.7	16.6	27	8	41	17	17	17		
PuFi-50	alle kaart-eenheden met Gt IV	192	37.7	83.1	181.5	50.5	165	140	91	42	48	48	37.7	38.4	17.6	48	30	46	20	19	19		
RaFi-50,d	alle kaart-eenheden met Gt IV	124	47.9	82.7	180.7	49.3	167	140	92	43	48	48	37.2	38.6	16.2	47	28	46	21	20	20		
RaPr-50	alle kaart-eenheden met Gt IV	550	45.6	72.9	170.5	49.6	179	145	102	46	46	46	35.9	39.0	18.0	46	28	45	20	19	19		
PuPr-50	alle kaart-eenheden met Gt VII	572	38.5	79.1	175.7	50.1	173	144	96	44	47	47	41.6	41.9	17.7	46	26	47	21	21	21		
PuFi-50	alle kaart-eenheden met Gt VII	74	14.4	131.5	230.5	64.3	142	143	42	19	75	75	52.3	52.2	17.9	42	27	49	22	25	25		
RaFi-50,d	alle kaart-eenheden met Gt VII	28	11.1	130.6	230.7	66.5	145	144	45	20	74	74	59.0	58.9	18.1	47	28	54	24	28	28		
RaPr-50	alle kaart-eenheden met Gt VII	288	17.5	119.4	217.0	57.4	148	141	56	27	66	66	51.3	52.1	18.5	39	24	53	25	27	27		
PuPr-50	alle kaart-eenheden met Gt VII	252	12.1	122.7	223.5	62.0	147	143	48	22	71	71	53.9	54.1	20.2	44	29	48	23	25	25		

Tabel 29. Aspecten met een positieve invloed op de nauwkeurigheid.

Aspecten	Schaal 1:50 000 en kaartbladen- classificatie	Schaal 1:10 000 en opdrachten- classificatie
<u>Vergelijking met variatie in één aspect</u>		
landsch. afgrenzing (gegeven een gerichte keuze)	+	(+)
landsch. afgrenzing (gegeven een aselechte keuze)	(+)	+
aselechte keuze (gegeven een landsch. afgrenzing)	(+)	=
aselechte keuze (gegeven een proximal afgrenzing)	+	
aselechte keuze + generalisatie (gegeven een proximal afgrenzing)	+	=
gerichte keuze (gegeven een proximal afgrenzing)		+
<u>Vergelijking met variatie in twee aspecten</u>		
aselechte keuze + landsch. afgr. (t.o.v. gericht, proximal)	+	+
aselechte keuze + prox. afgr. (t.o.v. gericht, landsch.)	(+)	
gerichte keuze + landsch. afgr. (t.o.v. aselechte, proximal)		+

+ duidelijk nauwkeuriger bij 7 of meer nauwkeurigheidsmaten

(+) duidelijk nauwkeuriger bij minder dan 7 nauwkeurigheidsmaten

= geen duidelijke voorkeur; duidelijke verschillen bij ten hoogste 2 nauwkeurigheidsmaten

Tabel 30. Paarsgewijze vergelijking van de bodemkaarten, gerangschikt naar afnemende nauwkeurigheid op grond van nauwkeurigheidsmaten.

Bodemkaarten van gebied A (schaal 1:50 000; kaartbladenclassificatie)

RaPr-50		(+)	(+)	(+)	(+)
RaFi-50,d	(-)		(+)	(+)	+
RaPr-50,d	(-)	(-)		=	+
PuFi-50	(-)	(-)	=		+
PuPr-50	-	-	-	-	
	RaPr-50	RaFi-50,d	RaPr-50,d	PuFi-50	PuPr-50

De toevoegingd geeft aan dat de betreffende bodemkaart met een lagere waarnemingsdichtheid is opgenomen

Bodemkaarten van gebied B (schaal 1:10 000; opdrachtenclassificatie)

RaFi-10,d		=	+	+	+
PuFi-10	=		(+)	(+)	+
PuPr-10	-	(-)		(+)	+
RaPr-10,d	-	-	(-)		(+)
RaPr-10	-	-	-	(-)	
	RaFi-10,d	PuFi-10	PuPr-10	RaPr-10,d	RaPr-10

De toevoegingd geeft aan dat de betreffende bodemkaart met een hogere waarnemingsdichtheid is opgenomen

+ duidelijk hogere nauwkeurigheid (bij 7 of meer nauwkeurigheidsmaten)

(+) beperkt hogere nauwkeurigheid (bij 3-6 nauwkeurigheidsmaten)

= vrijwel gelijke nauwkeurigheid (duidelijke verschillen bij ten hoogste 2 nauwkeurigheidsmaten)

(-) beperkt geringere nauwkeurigheid (bij 3-6 nauwkeurigheidsmaten)

- duidelijk geringere nauwkeurigheid (bij 7 of meer nauwkeurigheidsmaten)

Tabel 31. Paarsgewijze vergelijking van de bodemkaarten, gerangschikt naar afnemende waardering op grond van nauwkeurigheidsmaten en leesbaarheid.

Bodemkaarten van gebied A (schaal 1:50 000; kaartbladenclassificatie)

RaFi-50,d		(+)	(+)	+	+
PuFi-50	(-)		(+)	+	+
RaPr-50	(-)	(-)		(+)	+
RaPr-50,d	-	-	(-)		+
PuPr-50	-	-	-	-	
	RaFi-50,d	PuFi-50	RaPr-50	RaPr-50,d	PuPr-50

De toevoegingd geeft aan dat de betreffende bodemkaart met een lagere waarnemingsdichtheid is opgenomen

Bodemkaarten van gebied B (schaal 1:10 000; opdrachtenclassificatie)

RaFi-10,d		=	+	+	+
PuFi-10	=		+	+	+
PuPr-10	-	-		(+)	+
RaPr-10,d	-	-	(-)		(+)
RaPr-10	-	-	-	(-)	
	RaFi-10,d	PuFi-10	PuPr-10	RaPr-10,d	RaPr-10

De toevoegingd geeft aan dat de betreffende bodemkaart met een hogere waarnemingsdichtheid is opgenomen

- + duidelijk hogere waardering
- (+) beperkt hogere waardering
- = gelijke waardering
- (-) beperkt lagere waardering
- duidelijk lagere waardering

Tabel 32. De invloed van het omzetten in een globalere classificatie (A) en van schaalverkleining (B) op de nauwkeurigheid van de bodemkaart RaFi-10,d.

	RaFi-10,d	A ¹⁾	B ²⁾
ZUIVERHEIDSPERCENTAGES			
strikte zuiverheid (%)	10.7	15.6	12.4
gemiddelde zuiverheid (%)	61.8	71.2	70.1
zuiverheid subgroepniveau (%)	52.4	52.8	51.0
zuiverheid fijnheid zand (%)	79.2	100	100
zuiverheid lemigheid (%)	72.4	92.5	90.6
zuiverheid toevoegingen (%)	59.5	65.1	63.2
zuiverheid grondwatertrap (%)	45.7	45.7	45.5
HOMOGENITEITSINDICES VAN DE GESCHIKTHEID			
homogeniteitsindex rogge (%)	20.5	20.2	15.0
homogeniteitsindex gras (%)	35.6	34.9	29.6
SPREIDING BODEMEIGENSCHAPPEN			
GHG (cm)	26.5	26.3	29.0
GLG (cm)	27.6	27.5	30.4
bewortelingsdiepte (cm)	14.4	14.4	15.0
humusgehalte; 10 cm diepte	1.5	1.6	1.6
humusgehalte; 30 cm diepte	2.4	2.5	2.6
humusgehalte; 50 cm diepte	3.5	3.5	3.7
vochtleverend vermogen gras (mm)	28.8	28.7	32.1
vochtleverend vermogen rogge (mm)	16.2	16.2	18.2
beschikbaar vocht gras (mm)	23.0	23.1	25.1
beschikbaar vocht rogge (mm)	30.5	30.6	33.1
nalevering gras (mm)	28.6	28.5	31.7
nalevering rogge (mm)	23.9	23.8	25.2
ontwateringsgevoeligheid gras (%)	12.5	12.5	13.9
ontwateringsgevoeligheid rogge (%)	14.0	14.0	14.7
aandeel beschikbaar vocht gras (%)	12.8	12.7	14.0
aandeel beschikbaar vocht rogge (%)	15.4	15.4	16.3

1) A Omzetting van de opdrachtenclassificatie in de kaartbladenclassificatie

2) B Omzetting van de classificatie en verkleining van de kaartschaal van 1:10 000 naar 1:50 000

15.6 Waarden die duidelijk afwijken van die bij de oorspronkelijke kaart (RaFi-10,d)

Tabel 33. De invloed van het omzetten in een globalere classificatie (A) en van schaalverkleining (B) op het aantal kaarteenheden en kaartvlakken en de kaartvlakgrootte.

Kaartcode:	Aantal kaart-eenh.	Aantal kaart-vlakken	Gem. aantal vlakken per kaarteenh.	Gem. oppervl. per kaartvlak in ha	Procentuele verdeling v.h. aantal kaarteenheden naar hun oppervlakte (in % v.h. kaartoppervlak)		
					< 1 %	1 - 5 %	> 5 %
RaFi-10,d	36	131	3.5	2.7	39	50	11
A 1)	34	131	4	2.7	38	47	15
B 2)	14	24	1.7	16.6	0	50	50

1) A Omzetting van de opdrachtclassificatie in de kaartbladenclassificatie

2) B Omzetting van de classificatie en verkleining van de kaart-schaal van 1:10 000 naar 1:50 000

Tabel 34. De procentuele oppervlakteverdeling van de geschiktheidsklassen voor rogge en gras bij enkele kaarteenheden, onderscheiden op de bodemkaarten schaal 1:50 000 en 1:10 000.

Code kaartenheid	Code bodemkaart	Aantal bodemprof. waarmee getest	Opp. in % van het kaart- oppervlak	Strikte zuiverheid	Geschiktheidsklassen voor:								
					rogge				gras				
					1.1	1.2	2	3	1.1	1.2	2	3	
Bodemkaarten, schaal 1:50 000													
Hn21-V* (1) (R: 0-0-100-0) (G: 95-5-0-0)	PuFi-50	57	10.9	9.2	23	28	44	6	78	14	5	3	
	RaFi-50,d	31	12.0	3.6	7	34	43	16	66	18	11	5	
	RaPr-50,d	9	3.5	11.1	11	22	56	11	56	11	33	0	
	RaPr-50	3	2.1	37.5	0	25	75	0	75	25	0	0	
	PuPr-50	328	14.2	8.4	13	30	40	17	70	11	16	2	
zE221/23-VII (1) (R: 87-13-0-0) (G: 47-53-0-0)	PuFi-50	58	11.2	62.6	24	64	10	2	19	65	16	0	
	RaFi-50,d	13	5.2	16.4	8	75	16	0	25	49	26	0	
	RaPr-50,d	83	5.7	8.3	14	75	9	1	17	55	27	0	
	RaPr-50	89	6.5	10.2	16	71	12	0	21	66	14	0	
	PuPr-50	79	4.2	4.6	22	70	6	2	11	73	15	1	
Bodemkaarten, schaal 1:10 000													
Hn33-V* (1) (R: 0-0-54-46) (G: 54-0-46-0)	PuFi-10	142	12.0	5.7	8	30	43	19	66	14	20	0	
	RaFi-10,d	109	16.3	5.8	14	27	39	20	70	10	18	2	
	RaPr-10,d	22	3.7	9.0	0	34	53	13	73	14	13	0	
	RaPr-10	22	3.2	4.2	0	30	49	21	70	5	26	0	
	PuPr-10	61	5.2	3.6	8	35	35	22	58	17	25	0	
Hn33-VI (1) (R: 0-52-48-0) (G: 78-22-0-0)	PuFi-10	254	21.7	12.4	14	42	39	5	62	29	9	0	
	RaFi-10,d	127	19.0	17.4	15	49	31	5	63	28	9	0	
	RaPr-10,d	43	6.3	14.0	15	52	26	7	59	34	7	0	
	RaPr-10	58	7.3	14.1	12	42	32	13	53	32	12	3	
	PuPr-10	176	15.2	15.7	12	42	40	5	67	24	8	0	
EZ35-VII (1) (R: 100-0-0-0) (G: 49-51-0-0)	PuFi-10	57	4.9	23.9	67	33	0	0	30	68	2	0	
	RaFi-10,d	76	11.4	18.1	57	39	4	0	19	77	4	0	
	RaPr-10,d	45	6.5	17.5	63	35	2	0	34	66	0	0	
	RaPr-10	56	7.4	16.4	59	30	7	4	40	57	3	0	
	PuPr-10	49	4.1	24.7	60	31	5	4	22	72	6	0	

(44) Procentuele oppervlakte van de kaarteenheden die ingenomen wordt door de meest voorkomende geschiktheidsklasse

(1) Procentuele oppervlakteverdeling van de geschiktheidsklassen voor rogge (R) en gras (G) bij de met de betreffende kaarteenheden corresponderende classificatie-eenheid

NEDERLANDSE LEGENDA VAN DE BODEMKAARTEN, SCHAAL 1 : 50 000

(kaartbladenlegenda)

MOERIGE GRONDEN

Moerige podzolgronden

zWp humushoudend zanddek en moerige tussenlaag

Moerige eerdgronden

zWz zanddek en moerige tussenlaag op zand

vWz moerige bovengrond op zand

PODZOLGRONDEN

Moderpodzolgronden

Holtpodzolgronden

Y21 leemarm en zwak lemig fijn zand

Loopodzolgronden

cY21 leemarm en zwak lemig fijn zand

Humuspodzolgronden

Veldpodzolgronden

Hn21 leemarm en zwak lemig fijn zand

Hn23 lemig fijn zand

Laarpodzolgronden

cHn21 leemarm en zwak lemig fijn zand

cHn23 lemig fijn zand

Haarpodzolgronden

Hd21 leemarm en zwak lemig fijn zand

Kamppodzolgronden

cHd21 leemarm en zwak lemig fijn zand

DIKKE EERDGRONDEN

Enkeerdgronden

Lage enkeerdgronden

EZg23 12 lemig fijn zand

Hoge zwarte enkeerdgronden

zEZ21 13 leemarm en zwak lemig fijn zand

zEZ23 14 lemig fijn zand

KALKLOZE ZANDGRONDEN

Eerdgronden

Beekeerdgronden

pZg21 15 leemarm en zwak lemig fijn zand

pZg23 16 lemig fijn zand

Gooreerdgronden

pZn21 17 leemarm en zwak lemig fijn zand

pZn23 18 lemig fijn zand

Kanteerdgronden

tZd21 19 leemarm en zwak lemig fijn zand

Akkereerdgronden

cZd21 20 leemarm en zwak lemig fijn zand

Vaaggronden

Vlakvaaggronden

Zn21 21 leemarm en zwak lemig fijn zand

Zn23 22 lemig fijn zand

Duinvaaggronden

Zd21 23 leemarm en zwak lemig fijn zand

Vorstvaaggronden

Zb21 24 leemarm en zwak lemig fijn zand

RIVIERKLEIGRONDEN

Eerdgronden

Leek-/woudeerdgronden

pRn59 25 zavel, profielverloop 5, of 5 en 2, of 2

Vaaggronden

Kalkloze poldervaaggronden

Rn62C 26 zavel en lichte klei, profielverloop 2

OPGEHOOGDE GRONDEN

†21 27 leemarm en zwak lemig fijn zand; zanddek dikker dan 40 cm

TOEVOEGINGEN

- z zanddek 15 à 40 cm dik
- A zavel of kleidek, 15 à 40 cm dik
- f plaatselijk ijzerrijk, ondieper dan 50 cm beginnend en ten minste 10 cm dik
- w 15 à 40 cm moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm
- v moerig materiaal beginnend dieper dan 80 cm en doorgaand tot dieper dan 120 cm
- s opgehoogd
- v vergraven

OVERIGE ONDERSCHIEDINGEN



"eenmansesje" of ander kopje met afwijkende bodemgesteldheid

GRONDWATERTRAPPEN

Grondwatertrap (Gt)	II	III ¹⁾	IV	V ¹⁾	VI	VII ¹⁾
Gemiddeld hoogste grondwaterstand in cm.beneden maaiveld (GHG)	<40	<40	>40	<40	40-80	>80
Gemiddeld laagste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GLG)	50-80	80-120	80-120	>120	>120	>160

- 1) Gt III* en V*: droger deel van Gt III en V (GHG >25 cm - mv.)
 Gt VII* : zeer droog deel van Gt VII (GHG >140 cm - mv.)

NEDERLANDSE LEGENDA VAN DE BODEMKAARTEN, SCHAAAL 1 : 10 000

(opdrachtenlegenda)

MOERIGE GRONDEN

Moerige podzolgronden

- sWp 30 humusarm zanddek en moerige tussenlaag
zWp 31 humushoudend zanddek en moerige tussenlaag

Moerige eerdgronden

- sWz 32 humusarm zanddek en moerige tussenlaag op zand
vWz 33 moerige bovengrond op zand

PODZOLGRONDEN

Humuspodzolgronden

Veldpodzolgronden

- Hn31 34 leemarm zeer fijn zand
Hn33 35 zwak lemig zeer fijn zand
Hn53 36 zwak lemig matig fijn zand
Hn35 37 sterk lemig zeer fijn zand
Hn37 38 zeer sterk lemig zeer fijn zand

Laarpodzolgronden

- cHn33 39 zwak lemig zeer fijn zand
cHn35 40 sterk lemig zeer fijn zand
cHn55 41 sterk lemig matig fijn zand

Haarpodzolgronden

- Hd33 42 zwak lemig zeer fijn zand

Kamppodzolgronden

- cHd33 43 zwak lemig zeer fijn zand

DIKKE EERDGRONDEN

Enkeerdgronden

Lage enkeerdgronden met een dikke Al

EZg35 44 sterk lemig zeer fijn zand

Hoge zwarte enkeerdgronden met een dikke Al

EZ33 45 zwak lemig zeer fijn zand

EZ35 46 sterk lemig zeer fijn zand

Hoge zwarte enkeerdgronden met een zeer dikke Al

dEZ33 47 zwak lemig zeer fijn zand

dEZ35 48 sterk lemig zeer fijn zand

Tuineerdgronden

EL5 49 zandige leem

KALKLOZE ZANDGRONDEN

Eerdgronden

Beekeerdgronden

Zwarte beekerdgronden met een dunne Al

pZg33 50 zwak lemig zeer fijn zand

pZg53 51 zwak lemig matig fijn zand

pZg35 52 sterk lemig zeer fijn zand

pZg37 53 zeer sterk lemig zeer fijn zand

Zwarte beekerdgronden met een matig dikke Al

cpZg33 54 zwak lemig zeer fijn zand

cpZg35 55 sterk lemig zeer fijn zand

Brúine beekerdgronden met een dunne Al

bpZg33 56 zwak lemig zeer fijn zand

bpZg35 57 sterk lemig zeer fijn zand

bpZg55 58 sterk lemig matig fijn zand

bpZg37 59 zeer sterk lemig zeer fijn zand

Bruine beekeerdgronden met een matig dikke Al
cbpZg35 60 sterk lemig zeer fijn zand

Gooreerdgronden

Gooreerdgronden met een dunne Al

pZn31 61 leemarm zeer fijn zand
pZn33 62 zwak lemig zeer fijn zand
pZn35 63 sterk lemig zeer fijn zand
pZn37 64 zeer sterk lemig zeer fijn zand

Gooreerdgronden met een matig dikke Al

cpZn33 65 zwak lemig zeer fijn zand
cpZn35 66 sterk lemig zeer fijn zand
cpZn37 67 zeer sterk lemig zeer fijn zand

Kanteerdgronden

tZd33 68 zwak lemig zeer fijn zand

Akkereerdgronden

cZd33 69 zwak lemig zeer fijn zand

Vaaggronden

Vlakvaaggronden met een dunne Al

Zn31 70 leemarm zeer fijn zand
Zn33 71 zwak lemig zeer fijn zand
Zn35 72 sterk lemig zeer fijn zand
Zn55 73 sterk lemig matig fijn zand
Zn37 74 zeer sterk lemig zeer fijn zand

Vlakvaaggronden met een matig dikke Al

cZn33 75 zwak lemig zeer fijn zand

RIVIERKLEIGRONDEN

Eerdgronden

Leek-/woudeerdgronden

pRn59 76 zavel, profielverloop 2

Vaaggronden

Kalkloze poldervaaggronden

Rn62C 77 zavel, profielverloop 2

OPGEHOOGDE GRONDEN

† 33 78 zwak lemig zeer fijn zand; zanddek dikker dan 40 cm

TOEVOEGINGEN

- z zanddek 15 à 40 cm dik
- k zavel of kleidek, 15 à 40 cm dik
- i ijzerrijke horizont, ondieper dan 50 cm beginnend en ten minste 10 cm dik
- w 15 à 40 cm moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm
- v moerig materiaal beginnend dieper dan 80 cm en doorgaand tot dieper dan 120 cm
- a afgegraven
- v vergraven

OVERIGE ONDERSCHIEDINGEN

- bebouwing, wegen
- water

GRONDWATERTRAPPEN

Grondwatertrap (Gt)	II	III ¹⁾	IV	V ¹⁾	VI	VII ¹⁾
Gemiddeld hoogste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GHG)	<40	<40	>40	<40	40-80	>80
Gemiddeld laagste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GLG)	50-80	80-120	80-120	>120	>120	>160

1) Gt III* en V*: droger deel van Gt III en Gt V (GHG >25 cm - mv.)

Gt VII* : zeer droog deel van Gt VII (GHG >140 cm - mv.)