

# **Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden**

**Bodemvorming, methoden en begrippen**

**F. Brouwer  
J.A.M. ten Cate  
A. Scholten**

**Tweede, gewijzigde druk  
Bewerkt door  
J.A.M. ten Cate  
H. Kleijer  
J. Stolp**

**Rapport 157 tweede, gewijzigde druk**

**DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1996**

- 2 JUNI 1997

Usn 933383

## REFERAAT

Brouwer, F., J.A.M. ten Cate en A. Scholten, 1996. *Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden; bodemvorming, methoden en begrippen*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 157 tweede, gewijzigde druk, bewerkt door J.A.M. ten Cate, H. Kleijer en J. Stolp; 134 blz.; 2 fig.; 60 tab; 2 aanhangsels.

Vrijwel ieder rapport over bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden bevatte vroeger een beschrijving van de bodemvorming en de methode van onderzoek, en een verklarende woordenlijst. Deze steeds terugkerende onderdelen zijn in 1992 gebundeld in Rapport 157, wat veel tijd en kosten bespaart. Deze tweede, gewijzigde druk bevat een groot aantal wijzigingen, met name in de hoofdstukken over methode van het bodemgeografisch onderzoek, bodemgeschiktheidsbeoordeling en digitale verwerking/manipulatie van bodemkundige gegevens.

Trefwoorden: bodemclassificatie, bodemgeschiktheid, bodemkartering, bodemkunde, grondwaterstand

ISSN 0927-4499

©1996 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)  
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.  
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

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

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

	blz.
Woord vooraf	11
1 Bodemvorming	13
1.1 Bodemvormende factoren	13
1.1.1 Moedermateriaal	13
1.1.2 Reliëf	14
1.1.3 Klimaat	15
1.1.4 Tijd	16
1.1.5 Biologische factor	17
1.2 Bodemvormende processen	18
1.2.1 Humusvorming	18
1.2.2 Ontkalking en silicaatverwerking	19
1.2.3 Ferrolyse	21
1.2.4 Rijping	21
1.2.5 Kattekleivorming	23
1.2.6 Podzolering	23
1.2.7 Gleyverschijnselen	24
1.2.8 Kleiverplaatsing	25
1.2.9 Homogenisatie	26
1.2.10 Anthropogene processen	27
2 Methode van het bodemgeografisch onderzoek	29
2.1 Bodemgeografisch onderzoek	29
2.2 Toetsing aan meetresultaten	31
2.2.1 Bemonstering en laboratoriumanalyse	31
2.2.2 Grondwaterstandsmetingen	31
2.2.2.1 Gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG)	32
2.2.2.2 Nauwkeurigheid van de berekende GHG en GLG	33
2.2.2.3 Schatting van GHG en GLG van (tijdelijke) buizen met korte meetreeksen door regressie-analyse met stambuizen	34
2.2.2.4 Benadering met gerichte opnamen	36
2.2.2.5 Verkenning van de ontwateringstoestand in de winter	37
2.2.2.6 Veldschatting	38
2.3 Indeling van de gronden	40
2.3.1 Veengronden (code V)	46
2.3.2 Moerige gronden (code W)	48
2.3.3 Podzolgronden (code Y en H)	49
2.3.4 Brikgronden (code B)	52
2.3.5 Dikke eerdgronden (code EZ, EL en EK)	53
2.3.6 Kalkloze zandgronden (code Z)	54
2.3.7 Vaaggronden /'stuifzandgronden' (code Z)	55
2.3.8 Kalkhoudende zandgronden (code Z...A)	58
2.3.9 Kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden (code S...A)	59
2.3.10 Niet-gerijpte minerale gronden (code MO - zeeklei; RO - rivierklei)	60

2.3.11 Zeekleigronden (code M)	60
2.3.12 Rivierkleigronden (code R)	62
2.3.13 Oude rivierkleigronden (code KR)	64
2.3.14 Oude kleigronden (code K)	65
2.3.15 Leemgronden (code L)	66
2.3.16 Mengelgronden (code M)	67
2.2.17 Overige gronden	67
2.3.18 Toevoegingen en vergravingen	68
2.3.19 Overige onderscheidingen	69
2.4 Indeling van het grondwaterstandsverloop in grondwatertrappen	69
2.5 Opzet van de legenda	71
<b>3 Bodemgeschiktheidsbeoordeling</b>	<b>73</b>
3.1 Interpretatieprocedure	73
3.2 Beoordelingsfactoren	74
3.2.1 Ontwateringstoestand	76
3.2.2 Vochtleverend vermogen	76
3.2.3 Stevigheid van de bovengrond	77
3.2.4 Verkruimelbaarheid	78
3.2.5 Slempevoeligheid	79
3.2.6 Stuifgevoeligheid	81
3.2.7 Voedingstoestand	82
3.2.8 Zuurgraad	82
3.2.9 Storing in de verticale waterbeweging	83
3.2.10 Reliëf	84
3.2.11 Bewortelbare diepte	84
3.2.12 Samenstelling van de bovengrond	85
3.2.13 Profielopbouw	86
3.2.14 Dikte van de bovengrond	87
3.2.15 Homogeniteit	87
3.2.16 Overige beoordelingsfactoren	87
3.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie en randvoorwaarden voor diverse vormen van bodemgebruik	88
3.3.1 Akkerbouw	90
3.3.2 Weidebouw	91
3.3.3 Bosbouw	93
3.3.4 Tuinbouw	94
3.3.5 Fruitteelt	95
3.3.6 Boomkwekerij	96
3.3.7 Akkerbouwmatige vollegrondsgroenteteelt, inclusief wortelgewassen in zeekleigebieden	98
3.3.8 Aspergeteelt in dekzandgebieden	100
3.3.9 Bloembollenteelt	101
<b>4 Digitale bestanden van bodemgeografisch onderzoek en het gebruikersprogramma BOPAK</b>	<b>103</b>
4.1 Aanmaak van digitale bestanden	103
4.2 BOPAK	104
4.2.1 Applicatie BOPAK	104
4.2.2 Beschikbare informatie in BOPAK	104

**Tabellen**

1	Overzicht van de twee groepen van bodemvormende processen	18
2	Gemiddelde en variantie van het gemiddelde van GHG, GLG en GHG-GLG-fluctuatie per Gt voor meetpunten in pleistocene zandgebieden, zeekleigebieden en duinen (naar Van der Sluijs 1990)	40
3	Indeling naar veensoort bij veengronden	42
4	Indeling cijfercode bij zand- en leemgronden	42
5	Indeling cijfercode bij zavel- en kleigronden	43
6	Indeling van de dikte van de humushoudende bovengrond	44
7	Diepte-indeling voor begindiepte van o.a. veen-, zand-, leem- of kleiondergrond, verwerkingsdiepte enzovoort <sup>i</sup>	45
8	Indeling kalkverloop	45
9	Indeling, benaming en codering van de veengronden (code V0)	48
10	Indeling, benaming en codering van de moerige gronden (code W)	49
11	Indeling, benaming van de podzolgronden (code Y en H)	51
12	Indeling, benaming en codering van de brikgronden (code B)	52
13	Indeling, benaming en codering van de dikke eerdgronden (code EZ, EL en EK)	54
14	Indeling, benaming en codering van de kalkloze zandgronden (code Z)	56
15	Indeling, benaming en codering van de vaaggronden/'stuifzandgronden' (code Z)	57
16	Indeling, benaming en codering van de kalkhoudende zandgronden (code Z...A)	59
17	Indeling, benaming en codering van de kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden (S...A)	60
18	Indeling, benaming en codering van de niet-gerijpte minerale gronden (code MO -zeeklei; RO-rivierklei)	60
19	Indeling, benaming en codering van de zeekleigronden (code M)	62
20	Indeling, benaming en codering van de rivierkleigronden (code R)	63
21	Indeling, benaming en codering van de oude rivierkleigronden (code KR)	65
22	Indeling, benaming en codering van de oude kleigronden (code K)	65
23	Indeling, benaming en codering van de leemgronden (code L)	66
24	Indeling, benaming en codering van de mengelgronden (code M)	67
25	Indeling, benaming en codering van de overige gronden	68
26	Indeling van de grondwatertrappen bij een boordiepte van maximaal 180 cm - mv., met kwalitatieve toevoegingen	70
27	De beoordelingsfactoren en het bodemgebruik waarvoor ze worden toegepast	75
28	Gradatie in ontwateringstoestand als afhankelijke van de grondwatertrap	76
29	Gemiddeld neerslagtekort (mm) vanaf 1 april in een groeiseizoen van 150 dagen in een 10% droog jaar (Buishand, 1982)	76
30	Gradatie in vochtleverend vermogen als afhankelijke van de hoeveelheid vocht	77
31	Gradatie in stevigheid van de bovengrond voor weidebouw als afhankelijke van de indringingsweerstand (MPa) bij GHG en GVG, en de gevoeligheid <sup>1</sup> voor vertrapping bij beweiden en voor insporing bij berijden per seizoen	78

32 Gradatie in stevigheid van de bovengrond voor akkerbouw als afhankelijke van de indringingsweerstand (MPa) bij GHG	78
33 Gradatie in verkruielbaarheid als afhankelijke van de samenstelling van de bouwvoor	79
34 Gradatie in slempegevoeligheid als afhankelijke van de samenstelling van de bouwvoor	80
35 Gradatie in stuifgevoeligheid als afhankelijke van lutum- en leemgehalte van de bouwvoor	81
36 Gradatie in voedingstoestand	82
37 Gradatie in zuurgraad als afhankelijke van de pH(KCl)	83
38 Gradatie in bewortelbare diepte als afhankelijke van het aantal centimeters vanaf maaiveld	85
39 Gradatie in samenstelling van de bovengrond als afhankelijke van het lutum- en leemgehalte en de organische-stofklasse voor vollegronds groenteteelt, inclusief wortelgewassen in zeekleigebieden	86
40 Gradatie in samenstelling van de bovengrond als afhankelijke van het leem- en lutumgehalte en de organische-stofklasse voor aspergeteelt in dekzandgebieden	86
41 Gradatie in profielopbouw	86
42 Schema van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor de verschillende vormen van bodemgebruik	89
43 Bodemgeschiktheidsklassen voor akkerbouw	91
44 Normen voor 'hoog' opbrengstniveau ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )(PAGV, 1986)	91
45 Bodemgeschiktheidsklassen voor weidebouw voor sommige grootschalige bodemkaarten	92
46 Gemiddelde aanwas bij goede, normale en slechte groei van gidsboomsoorten	93
47 Bodemgeschiktheidsklassen voor bosbouw	94
48 Bodemgeschiktheidsklassen voor tuinbouw	95
49 Bodemgeschiktheidsklassen voor fruitteelt	96
50 Bodemgeschiktheidsklassen voor boomkwekerij	98
51 Bodemgeschiktheidsklassen voor de akkerbouwmatige vollegronds-groenteteelt, inclusief wortelgewassen in zeekleigebieden	100
52 Bodemgeschiktheidsklassen voor aspergeteelt in dekzandgebieden	101
53 Bodemgeschiktheidsklassen voor continue of periodieke bloembollenteelt	102
54 Gradatie in verzadigde doorlatendheid	111
55 Indeling van lutumarmer gronden naar het organische-stofgehalte	118
56 Indeling van lutumrijke gronden naar het organische-stofgehalte	118
57 Rijpingsklassen als afhankelijke van de consistentie	119
58 Indeling niet-eolische afzettingen <sup>1</sup> naar het lutumgehalte	120
59 Indeling eolische afzettingen <sup>1</sup> naar het leemgehalte	120
60 Indeling van de zandfractie naar de M50	120

### **Figuren**

1 Schematisch voorstelling van de kalkverlopen in verband met het verloop van het koolzure-kalkgehalte	46
2 Schema van de interpretatieprocedure	74

***Aanhangsels***

1 Landinrichtingsprojecten waarvoor BOPAK-bestanden beschikbaar zijn	127
2 BOPAK-gegevens in de tabellen boorpunt, horizont, kaartvlak en kaarteenheden	131

## Woord vooraf

In opdracht van de provinciale diensten Landinrichting en Beheer landbouwgronden voert DLO-Staring Centrum regelmatig bodemgeografisch onderzoek uit in landinrichtingsgebieden. Het doel van dit onderzoek is onder andere:

- de bodemgesteldheid in kaart te brengen op de schalen 1 : 10 000 of 1 : 25 000;
- de gronden te beoordelen op hun geschiktheid voor één of meer bepaalde gebruiksvormen.

De resultaten van het bodemgeografisch onderzoek worden beschreven in rapporten, weergegeven op kaarten en opgeslagen in digitale bestanden van een ORACLE-GIS - database (BOPAK). In vrijwel ieder rapport werd tot 1992 aandacht besteed aan de bodemvorming en de methode van het bodemgeografisch onderzoek. In de aanhangsels bij ieder rapport werd een woordenlijst gegeven, die termen en begrippen in het rapport of op de kaarten verklaart.

Om tijd en kosten te besparen, heeft DLO-Staring Centrum de steeds terugkerende facetten in de rapportages (over bodemvorming, methode van het bodemgeografisch onderzoek, de bodemgeschiktheidsbeoordeling, de digitale verwerking en opslag, en de verklaring of definitie van termen en begrippen) gebundeld in rapport 157 van 1992. Deze tweede, gewijzigde druk bevat een groot aantal wijzigingen ten opzichte van rapport 157 van 1992. Deze wijzigingen betreffen met name de hoofdstukken over methode van het bodemgeografisch onderzoek, bodemgeschiktheidsbeoordeling en digitale verwerking/manipulatie van bodemkundige gegevens. Bij ieder SC-DLO-rapport over bodemgeografisch onderzoek in een landinrichtingsgebied zal dit rapport worden toegevoegd. Indien nodig, zal een derde, gewijzigde druk tijdig verschijnen.

In hoofdstuk 1 worden de bodemvormende factoren en de bodemvormende processen behandeld. Hoofdstuk 2 beschrijft de methode van het bodemgeografisch onderzoek: het veldwerk, de toetsing aan meetresultaten, de indeling van gronden en het grondwaterstandsverloop, en de opzet van de legenda. Hoofdstuk 3 beschrijft hoe de bodemgeschiktheidsbeoordeling verloopt. De aanmaak van digitale bodemkundige gegevens en de verwerkingsmogelijkheden met het gebruikersprogramma BOPAK, worden beschreven in hoofdstuk 4. Tenslotte zijn in hoofdstuk 5 termen en begrippen die in rapporten of op kaarten kunnen voorkomen, verklaard of gedefinieerd.

In dit rapport wordt regelmatig verwezen naar de *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften*. Deze handleiding, uitgegeven door DLO-Staring Centrum als Technisch Document 19, bestaat uit de volgende 5 delen:

- TD19A : Bodem;
- TD19B : Grondwater;
- TD19C : Kaarttekenen, rapporteren en samenstellen digitale bestanden;
- TD19D : Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik;
- TD19E : Bepalingsmethoden en meettechnieken.



De handleiding is samengesteld door een projectteam bestaande uit J.A.M. ten Cate, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp op basis van bestaande documenten. De delen TD19A, TD19B, TD19C en TD19D zijn in 1995 verschenen. Deel TD19E zal in 1996 verschijnen.

# **1 Bodemvorming**

Het hoofdstuk bodemvorming is een samenvatting van een gedeelte uit het boek 'Bodemkunde van Nederland, deel 2' van H. de Bakker en W.P. Locher (1990).

Het begrip 'bodem' is niet eenduidig. In de ruimste zin wordt daarmee het bovenste deel van de aardkorst aangeduid. In de bodemkunde wordt het begrip in beperkte vorm gebruikt. De bodem is de bovenste laag van de aardkorst voor zover deze door planten beworteld is of kan worden, of voor zover deze onder invloed van fysische, chemische en biologische processen is veranderd. Vast gesteente en de natte, ongerijpte ondergrond van losse sedimenten behoren dus bodemkundig gezien niet tot de bodem.

De fysische, chemische en biologische processen die het bovenste deel van de aardkorst veranderen, worden bodemvormende of pedogenetische processen genoemd. Hierdoor ontstaat naast een eventueel al aanwezige geogene gelaagdheid (een gelaagdheid ontstaan door verschillen in afzettingssomstandigheden) een pedogene gelaagdheid. De geogene en pedogene gevormde lagen worden horizonten genoemd. De verticale opeenvolging van horizonten heet een bodemprofiel. Hoe een dergelijk profiel is ontstaan, is afhankelijk van factoren die de bodemvorming sterk beïnvloeden. Deze factoren worden bodemvormende factoren genoemd. Door de veelheid van bodemvormende processen en variatie in bodemvormende factoren zijn talloze (combinaties van) horizonten mogelijk.

In de volgende paragrafen worden de bodemvormende factoren en de bodemvormende processen behandeld.

## **1.1 Bodemvormende factoren**

In de bodemkunde worden vijf bodemvormende factoren onderscheiden: moeder-materiaal, reliëf, klimaat, tijd en biologische factor. Laatstgenoemde wordt onderverdeeld in: vegetatie, bodemfauna en de mens.

Doordat deze factoren elkaar sterk beïnvloeden, kunnen ze niet als onafhankelijke variabelen beschouwd worden, zoals hierna zal blijken.

### **1.1.1 Moedermateriaal**

Het moedermateriaal, ook wel uitgangsmateriaal genoemd, is het materiaal waaruit de bodem is gevormd, het verse sediment vóór de verandering door de bodemvorming. De aard van dit materiaal is bepalend voor de bufferende werking van de grond tegen uitlogingsprocessen. Daarbij moet onderscheid worden gemaakt tussen

het effect van de textuur van de grond (lutum- en leemgehalte en grofheid van het zand) en de mineralogische samenstelling.

Naarmate de grond kleiiger is, verloopt de uitspoeling trager omdat de adsorptiecapaciteit voor kationen hoger is. Een kleigrond 'veroudert' daardoor minder snel dan een zandgrond. Er is dus een interactie tussen de bodemvormende factoren moedermateriaal en tijd.

De mineralogische samenstelling is vooral van belang in verband met de hoeveelheid 'basen' (Ca, Mg, Na en K) die in de gemakkelijk verweerbare mineralen aanwezig is en daardoor kan dienen ter vervanging van uitgespoelde kationen. Wanneer deze aanvulling er niet, of niet meer voldoende is, verzuurt de grond en worden humusbestanddelen getransporteerd.

Bijna alle minerale gronden in Nederland zijn gevormd in klastische sedimenten, uiteenlopend van grove zanden tot zware kleien. Ze kunnen op de volgende wijze afgezet zijn:

- eolisch, zoals löss en dekzand of de duinen langs de kust of het stuifzand;
- fluviatiel, zoals afzettingen van de Rijn, de Maas en hun zijrivieren;
- marien, zoals de Afzettingen van Calais en Duinkerke;
- glaciaal, zoals keileem en fluvioglaciaal zand.

Het enige losse materiaal dat in Nederland gevormd is uit vast gesteente, is het verweringsmateriaal uit het Carboon, Trias, Jura en Krijt.

Het moedermateriaal van de veengronden loopt uiteen van het eutrofe bosveen tot het oligotrofe veenmosveen; dit materiaal is ter plaatse ontstaan.

### **1.1.2 Reliëf**

De invloed van het reliëf of topografie op de bodemvorming hangt in Nederland vooral samen met de diepte van de grondwaterstand en de waterbeweging in de grond. Zo worden 'hooggelegen' gronden onderscheiden, die worden gekenmerkt door diepe grondwaterstanden en een neergaande waterbeweging en 'laaggelegen' gronden, die worden gekenmerkt door hoge grondwaterstanden. Dit is het meest uitgesproken in de zandgebieden, maar ook in de andere gebieden komen verschillen in grondwaterstanden voor die samenhangen met het reliëf.

Bij hooggelegen gronden kan transport van humus en lutum plaatsgevonden hebben vanuit de bovengrond naar dieper gelegen lagen; door de diepere grondwaterstanden reikt ook de biologische activiteit dieper en kan homogenisatie zijn opgetreden. In zeer jonge gronden zijn deze gevolgen nog niet zichtbaar of meetbaar; hieruit blijkt dat er een interactie is tussen de bodemvormende factoren reliëf en tijd. Ook zijn voor deze processen organische stof en bodemleven nodig (interactie tussen de bodemvormende factor reliëf en de biologische bodemvormende factor).

Laaggelegen gronden hebben vaak een humusrijke, soms zelfs venige bovengrond en door wisselende oxidatie-reductie-omstandigheden vertonen ze roestvlekken en grijze vlekken; in de ondergrond hebben zulke gronden homogeen 'blauwige' (donkergrijze) kleuren, de zogenaamde permanent gereduceerde ondergrond. Laaggelegen gronden in zandgebieden vertonen soms kwel, waardoor een opeenhoping van ijzerverbindingen is te zien in de vorm van oxiden, carbonaten, fosfaten enzovoort. Daarnaast komen in de zandgebieden laaggelegen gronden voor die liggen in een inzijingssituatie, waardoor juist humus en ijzer zijn uitgespoeld. Lage zandgronden in een kwelsituatie zijn vaak beek- en broekeerdgronden; in een inzijingssituatie zijn het overwegend gooreerd- en veldpodzolgronden.

In hooggelegen gronden heeft het bodemleven een andere samenstelling dan in laaggelegen gronden; in de rivierkleigronden hebben de hooggelegen gronden op de stroomruggen een andere textuur dan de laaggelegen gronden in de kommen (eerstgenoemde zijn lichter). Dit zijn voorbeelden van respectievelijk een interactie tussen de bodemvormende factor reliëf en de biologische bodemvormende factor, en tussen de bodemvormende factoren reliëf en moedermateriaal.

### **1.1.3 Klimaat**

Het klimaat speelt een grote rol in de bodemvorming. Op wereldschaal gezien, is er een duidelijke samenhang tussen de klimaatzones en de bodemvorming.

Nederland heeft een vochtig, gematigd klimaat, Cfb in Köppen's classificatie (C: gematigd regenklimaat met een laagste maandtemperatuur tussen -3 en +18°C, f: een min of meer gelijkmatige verdeling van de neerslag over het jaar, en b: minstens 4 maanden per jaar boven 10°C).

In Nederland is een neerslagoverschot (neerslag groter dan verdamping) in de winter en een neerslagtekort (verdamping groter dan neerslag) in de zomer. Het neerslagoverschot is groter dan het tekort; het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot is circa 250 mm. Er is een fluctuerende grondwaterstand en een overwegend neergaande waterbeweging in de grond. Veel gronden in Nederland kunnen daardoor gekarakteriseerd worden op uitspoelingsverschijnselen. Dit kan zowel de in de bodemoplossing aanwezige ionen en moleculen betreffen als de colloïdale lutum- en humusdeeltjes.

Behalve de waterbalans (neerslag-verdamping) is ook de temperatuur een klimaatsfactor van belang. De temperatuur beïnvloedt zowel de chemische, fysische als (micro)biologische processen, onder andere de produktie en omzetting van organische stof. Wat dat betreft wordt Nederland gekarakteriseerd door een matige produktie van organische stof en een eveneens matige afbraak van organische stof op en in de bodem. Dit is een voorbeeld van interactie tussen de bodemvormende factor klimaat en de biologische bodemvormende factor.

#### 1.1.4 Tijd

De factor tijd is op zichzelf genomen geen bodemvormende factor; bedoeld wordt dat een bepaalde combinatie van de andere bodemvormende factoren eerst zichtbaar (meetbaar) wordt, als een zekere tijd is verlopen. Sommige processen verlopen langzaam, andere snel. Een podzolgrond heeft meestal enige honderden jaren nodig voor zijn vorming; de rijping van slap, gereduceerd slik tot een geoxideerde, stevige grond vergt na drooglegging slechts enige tientallen jaren.

De tijd speelt dus een belangrijke rol bij de bodemvorming, direct maar ook indirect, doordat in de loop van de tijd de overige bodemvormende factoren kunnen veranderen. Vooral het ingrijpen van de mens heeft de ontwatering, het grondgebruik en de vegetatie veranderd.

De directe invloed van de tijd blijkt bijvoorbeeld in de rivierkleigebieden. Bij de jonge rivierkleigronden is de bovengrond niet ouder dan 1000 à 2000 jaar, terwijl het moedermateriaal van de meeste oude rivierkleigronden afgezet is op de overgang van het Pleistoceen naar het Holoceen, circa 10 000 jaar geleden. Door dit tijdsverschil vertonen de oude rivierkleigronden bij een goede ontwatering verschillen in bodemvorming met de jonge rivierkleigronden (o.a. lage pH, verwerking van silicaten en transport van lutum). De jonge gronden vertonen in deze situatie alleen enige ontkalking.

Niet de ouderdom van de afzetting is bepalend voor het begin van de bodemvorming, maar de ouderdom van het oppervlak. Dit kan verduidelijkt worden met twee voorbeelden. Het zand van de Veluwe heuvels is meer dan 200 000 jaar geleden afgezet en zo'n 150 000 jaar geleden door het Skandinavische landijs tot heuvels opgestuwd. In de laatste ijstijd is echter door solifluctie en erosie het tegenwoordige maaiveld ontstaan en dit is dus niet veel ouder dan de oppervlakte van onze dekzanden (ca. 10 000 jaar). Het tweede voorbeeld is te vinden in de droogmakerijen. Door afgraving of erosie van het veen en de drooglegging van de daardoor ontstane plassen en meren in de laatste 200 tot 300 jaar, liggen de Afzettingen van Calais (enige duizenden jaren oud) aan het oppervlak. Hierin is de bodemvorming na de droogmaking begonnen.

Ruwweg de helft van Nederland heeft moedermateriaal van holocene ouderdom en de andere helft van pleistocene ouderdom, in minder dan 1% is het ouder. De grens tussen het Holoceen en het Pleistoceen is gesteld op 10 000 jaar geleden, maar meer dan driekwart van de holocene sedimenten die aan de oppervlakte liggen, is jonger dan 1000 jaar. Dit geldt zeker voor de veengebieden. Veen dat aan het oppervlak ligt, is doorgegroeid totdat de mens daaraan een eind maakte door ontwatering en ontginning, en dat is niet veel langer dan zes- tot zevenhonderd jaar geleden begonnen.

### 1.1.5 Biologische factor

De biologische factor speelt een grote rol bij de bodemvorming, vanaf de micro-organismen tot de mens.

Ook deze factor vertoont interacties met de andere bodemvormende factoren. Een grond met hoge grondwaterstanden heeft een andere natuurlijke vegetatie dan een grond waarin dit niet het geval is; een kleigrond heeft een ander bodemleven dan een zandgrond, enzovoort.

De biologische factor wordt onderverdeeld in: vegetatie, bodemfauna en de mens.

#### *Vegetatie*

De vegetatie levert voor het grootste deel het uitgangsmateriaal voor de organische stof in de grond. De natuurlijke vegetatie is afhankelijk van de rijkdom van het substraat (het moedermateriaal), namelijk de textuur, mineralogische samenstelling, zout- en kalkgehalte. In de Nederlandse omstandigheden bestond de vegetatie tijdens de ontginning voornamelijk uit loofbos, met uitzondering van de boomloze hoge venen en zoute getijdegebieden. In Nederland komt nu praktisch geen natuurlijke vegetatie meer voor.

Oligotrofe, hoge venen en een groot deel van de mesotrofe venen hadden een kruidenvegetatie en vrijwel geen bomen. Alleen de eutrofe broek- en bosvenen droegen moerasbos.

De zand- en lössgebieden hebben een vegetatie-openvolging gehad vanaf het einde van het Pleistoceen tot heden. Palynologen hebben deze openvolging bestudeerd door stuifmeelonderzoek in lagen die organische stof bevatten. Elke onderzoeker die zich bezig houdt met de bestudering van de invloed van de vegetatie op de bodemvorming in deze gebieden, dient er rekening mee te houden dat de vegetatie aanzienlijk veranderd is sinds het begin van de bodemvorming. Een belangrijke verandering is de verdwijning van bos en het ontstaan van heidevelden.

In de zeekleigebieden zijn de nieuwlandpolders bedijkt uit schorren of kwelders met een zout-tolerante kruidenvegetatie, sommige polders zelfs uit kale slikken. De gronden van de Zuiderzeepolders hadden oorspronkelijk geen vegetatie maar hebben gedurende enige jaren na de drooglegging een rietvegetatie gehad. In de rivierkleigebieden heeft op diverse plaatsen bos gestaan.

#### *Bodemfauna*

Bodemdieren spelen een belangrijke rol bij de bodemvorming. Een opvallend voorbeeld hiervan is het bodemvormend proces homogenisatie (par. 1.2.9); hierbij verdwijnt voornamelijk door gravende bodemdieren de oorspronkelijke sedimentaire gelaagdheid.

## **Mens**

De mens is een zeer belangrijke bodemvormende factor. Een voorbeeld is het ontstaan van de enkeerdgronden. De dikke humushoudende bovengrond is ontstaan door geleidelijke ophoging met plaggenmest die enig zand bevatte. De plaggen werden onder andere op de heidevelden gestoken, waardoor indirect gebieden met stuifzanden ontstonden. Andere voorbeelden zijn waterhuishoudkundige ingrepen (ontwatering en afwatering), bemesting, ontginning en herontginning, en bedijking.

## **1.2 Bodemvormende processen**

Bodemvormende processen zijn alle gebeurtenissen die de kenmerken en eigenschappen van moedermateriaal veranderen.

In paragraaf 1.1 zijn de factoren genoemd die deze processen beïnvloeden; de verschillende mate waarin deze factoren werken (of gewerkt hebben) en hun interacties veroorzaken een zeer complex geheel. Sommige gedeelten van bodemvormende processen zijn fysisch, andere gedeelten zijn chemisch. Het totaal van bodemvormende processen is meestal niet of nauwelijks te kwantificeren of met reactievergelijkingen te beschrijven.

De bodemvormende processen worden verdeeld in omzettingsprocessen en verplaatsingsprocessen. Onder eerstgenoemde groep vallen alle veranderingen door omzetting van het moedermateriaal zelf (ook nieuwvorming daarin en afbraak van sommige componenten daarvan). Bij de tweede groep behoren alle veranderingen door verplaatsing van sommige bestanddelen binnen het moedermateriaal (onder deze verplaatsing vallen ook aan- en afvoer van bestanddelen en menging/homogenisatie daarvan) en de antropogene processen.

Deze tweedeling (tabel 1) wordt in de meeste handboeken toegepast, maar in feite treden bij veel processen zowel omzettingen als verplaatsingen op.

*Tabel 1* Overzicht van de twee groepen van bodemvormende processen

Omzettingsprocessen	Verplaatsingsprocessen
Humusvorming	Podzolering
Ontkalking	Gleyvorming
Silicaatverwerking	Kleiverplaatsing
Ferrolyse	Homogenisatie
Rijping	Anthropogene processen
Kattekleivorming	

### **1.2.1 Humusvorming**

Een van de meest universele bodemvormende processen is de omzetting van organische stof tot humus (humificatie) en de ophoping hiervan op en in de bovengrond. Bij maagdelijke, arme gronden (meestal kalkloze zandgronden) is deze

omzetting gering en ontstaat er een ophoping op de bovengrond (vorming van de O-horizont) en wordt gesproken van ruwe humus. In de grond wordt de gevormde humus gemengd met de minerale bestanddelen (vorming van de Ah-horizont). In goed geëereerde kleigronden (xerokleigronden) wordt niet alleen de organische stof vrijwel geheel in humus omgezet (door de goede voedingstoestand), maar is de menging ook inniger. De menging is het werk van bodemdieren, vooral regenwormen. De ontstane humusvorm wordt mull genoemd. In zandgronden is de menging met de minerale bestanddelen minder en komt de humus voor als losse excrementen van arthropoden (geleedpotige dieren, zoals insecten, duizendpoten en spinnen), moder genoemd.

De bron van de organische stof is de vegetatie (en in mindere mate de fauna). Ook kan initieel al organische stof aanwezig zijn die tegelijkertijd met de minerale delen (synsedimentair = tijdens de sedimentatie) is afgezet. Zo heeft recent afgezet marien sediment meestal enige procenten organische stof die tijdens de rijping (par. 1.2.4) vrijwel geheel verdwijnt.

Veevorming is uiteraard ook een ophoping van organische stof, waarbij eveneens factoren als tijd, klimaat, vegetatie en reliëf belangrijk zijn. Veevorming wordt in de bodemkunde echter meer gezien als een lithogeen dan als een pedogeen proces. Na ontginning en ontwatering beginnen de eigenlijke bodemvormende processen in het moedermateriaal. Een belangrijk proces is de omzetting van het veen in de bovengrond tot humus, waarbij voornamelijk door dierlijke activiteit de herkenbare plantenstructuur verloren gaat. In veengronden wordt deze bijzondere vorm van humificatie gewoonlijk veraarding genoemd; als het veen vrijwel alleen door oxidatie is veranderd (in de laag onder de A-horizont), wordt ook wel van 'verwering' gesproken. In het algemeen wordt deze term echter alleen voor de afbraak van minerale delen gebruikt.

Veraarding en verwering van veen gaat uiteraard ook gepaard met materieverlies, doordat de organische stof gedeeltelijk is gemineraliseerd tot onder andere CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O; hierdoor zakt het maaiveld.

### **1.2.2 Ontkalking en silicaatverwering**

Verwering van mineralen is in ons klimaat een zeer algemeen verschijnsel. Onder verwering wordt de al dan niet volledige afbraak van de kristalstructuur van zowel primaire als secundaire mineralen verstaan alsmede de vorming van laatstgenoemde mineralen.

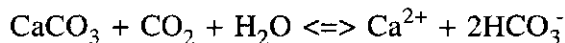
De verwering van vast gesteente wordt hier niet besproken. Het resultaat hiervan is losse grond bestaande uit een mengsel van zeer verschillende korrelgrootten. Blijft dit materiaal ter plaatse van zijn ontstaan liggen dan wordt gesproken van autochtoon materiaal, is het na zijn ontstaan op een of andere manier verplaatst, dan wordt dit allochtoon materiaal genoemd. Op enkele honderden hectaren na (de gronden in Zuid-Limburg die in afzettingen van het Krijt ontstaan zijn) bestaat het moedermateriaal van de Nederlandse minerale gronden uit allochtoon materiaal.



De mate van chemische verwerking hangt samen met in de bodem aanwezige mineralen die in thermodynamisch opzicht slechts stabiel zijn voor zover er een evenwicht is met de bodemoplossing. Deze oplossing verandert echter voortdurend van samenstelling door bijvoorbeeld:

- percolatie van de grond met regenwater (afvoer van oplosbare reactieproducten);
- produktie van anorganische ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) en organische zuren door bodemflora en -fauna (produktie van  $\text{H}^+$ -ionen);
- produktie van complexerende organische verbindingen (complexering van Fe en Al);
- afwisseling van droge en natte perioden (oxidatie-reductieverschijnselen, produktie van  $\text{H}^+$ -ionen na oxidatie van  $\text{Fe}^{2+}$  tot  $\text{Fe}^{3+}$ ).

Tussen de mineralen die in de bodem voorkomen, bestaan verschillen in oplosbaarheid. Vooral calcium- en magnesiumcarbonaten lossen gemakkelijker op dan silicaatmineralen. In de kalkhoudende gronden waarin deze carbonaten voorkomen, uit de verwerking zich vaak het eerst in de vorm van ontkalking. Het onder invloed van de biosfeer optredende proces kan door de volgende reactievergelijking worden weergegeven:



Zolang de grond nog calciumcarbonaat (kalk) bevat, blijft de pH ongeveer 7. Wanneer de vrijkomende  $\text{Ca}^{2+}$  (en  $\text{Mg}^{2+}$ )-ionen samen met de  $\text{HCO}_3^-$ -ionen worden afgevoerd door percolatie met regenwater, verdwijnen op deze manier de carbonaten.

Wanneer een grond geen kalk meer bevat, dalen zowel de pH als de basenverzadiging van de grond.

$$\text{BV} = \frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+}{\text{CEC}} \quad \text{waarin:}$$

- BV = basenverzadiging;
- $\text{Ca}^{2+}$  = equivalent geads.  $\text{Ca}^{2+}$  per kg grond;
- $\text{Mg}^{2+}$  = equivalent geads.  $\text{Mg}^{2+}$  per kg grond;
- $\text{K}^+$  = mol geads.  $\text{K}^+$  per kg grond;
- $\text{Na}^+$  = mol geads.  $\text{Na}^+$  per kg grond;
- CEC = kationen uitwisselingscapaciteit (mol geadsorbeerde eenwaardige pluslading per kg droge grond).

De 'basische' kationen ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  en  $\text{Na}^+$ ) worden dan aan het adsorptie-complex gedeeltelijk vervangen door  $\text{H}^+$ - en/of  $\text{Al}^{3+}$  ( $\text{AlOH}^{2+}$ )-ionen, waardoor de basenverzadiging kleiner wordt dan 100%. De vervanging door Al is een gevolg van de silicaatverwerking die op gang komt na ontkalking. De silicaten, als groep, bevatten naast Si vooral Al en Fe, maar ook Ca, Mg, K en Na.

Andere kationen zoals  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  zijn meestal slechts als sporenelementen aanwezig. De 'basische' kationen worden gedeeltelijk geadsorbeerd, maar ondervinden bij lage pH veel concurrentie van  $\text{Al}^{3+}$ -ionen. Verder kunnen ze in nieuwe mineralen worden ingebouwd, door de plant worden opgenomen of in het grondwater terecht

komen. Vermoedelijk komt echter een belangrijk deel van deze ionen in het grondwater terecht. Dit laatste geldt eveneens voor het vrijgekomen kiezelzuur.

$Al^{3+}$ -ionen komen alleen in de grond voor bij lage pH's ( $< 4,5$  gemeten in 1 Normaal KCl). Door hun hoge lading worden ze echter sterk geadsorbeerd. Bij hogere pH's komen eenkernige (bijv.  $AlOH^{2+}$ ) en meerkernige hydrolysecomplexen voor. Laatstgenoemde complexen worden vrijwel irreversibel geadsorbeerd. Transport van Al door de bodem vindt daardoor hoofdzakelijk plaats via de complexen met humuszuren en andere organische verbindingen; dit geldt ook voor driewaardig ijzer,  $Fe^{3+}$ .

Als nevenproces van de verwerking wordt verbruining genoemd; een roodkleuring zou op tropische omstandigheden wijzen. De bruine kleur van de Bw-horizonten in ooivaaggronden in de rivierkleigebieden is echter geheel aan homogenisatie toe te schrijven. Deze gronden zijn nog kalkrijk of hebben op zijn minst nog een hoge basenverzadiging; er kan dus nog geen verwerking zijn opgetreden. Verwerking gepaard gaande met verbruining (vrijkomen van ijzer) wordt gevonden in de Bw-horizonten van vorstvaaggronden, zoals die onder andere in dekzand voorkomen.

### 1.2.3 Ferrolyse

De bij de gleyverschijnselen (par. 1.2.7) te bespreken afwisseling van oxidatie en reductie kan de silicaatverwerking versterken. Dit is het geval wanneer tijdens de reductiefase het gereduceerde ijzer achterblijft en de overige reactieproducten (vnl.  $HCO_3^-$ ) worden afgevoerd. In de oxidatiefase treedt respectievelijk oxidatie en hydrolyse van ijzer op. De daarbij vrijkomende  $H^+$ -ionen leiden tot silicaatverwerking; dit deelproces wordt ferrolyse genoemd.

### 1.2.4 Rijping

Rijping, ook wel initiale bodemvorming genoemd, is het proces dat begint na drooglegging van een waterrijk sediment. De drooglegging bestaat uit inpoldering van buitendijks land (jonge zeekleipolders), ondiepe plassen en meren (droogmakerijen) en de voormalige Zuiderzee (IJsselmeerpolders). De drooglegging wordt gevolgd door ontwatering en afwatering door middel van greppels en/of drainbuizen en sloten. Het waterrijke sediment is in de uitgangstoestand een weke gereduceerde modder zonder structurelementen die door het rijpingsproces in een beaanbare, gescheurde en geoxideerde cultuurgrond verandert. Dit proces is onder optimale omstandigheden (goede ontwatering, geen kwel, geen potentiële kateklei) binnen enige decennia voltooid, in de bovengrond eerder dan in de ondergrond. Daarna wordt niet meer van initiale maar van voortgaande bodemvorming gesproken. De rijping is vooral een fysisch proces, maar zij heeft ook chemische en biologische aspecten.

### ***Fysische rijping***

De belangrijkste aspecten van de fysische rijping zijn de volumevermindering (inklinking) en het steviger worden van de grond. Deze zijn beide het gevolg van irreversibel waterverlies. De weke modder gaat hierdoor scheuren en er worden structurelementen gevormd. Omdat water voornamelijk aan lutum en organische stof is gebonden, is het waterverlies des te groter naarmate de grond kleiiger en humeuzer is (bij zand is de fysische rijping dan ook nauwelijks te meten; in de classificatie wordt het als fysisch gerijpt beschouwd).

De snelheid van de fysische rijping is onder meer afhankelijk van de vegetatie (de wateronttrekking door plantewortels is de belangrijkste oorzaak van het waterverlies), de af- en ontwatering en het profielverloop.

De mate van fysische rijping kan redelijk goed aan de consistentie (mate van stevigheid) worden beoordeeld. In de classificatie worden vijf rijpingsklassen onderscheiden (zie woordenlijst).

### ***Chemische rijping***

Door de fysische rijping wordt de grond doorlatend en doorlucht; de chemische veranderingen die hierdoor in het rijpende sediment ontstaan, worden chemische rijping genoemd.

De belangrijkste veranderingen zijn:

- oxidatie van het gereduceerde slik;
- katekleivorming (wordt in paragraaf 1.2.5 behandeld, maar valt strikt genomen onder chemische rijping);
- oxidatie van  $Fe^{2+}$  tot  $Fe^{3+}$  en daardoor neerslaan van ijzerverbindingen in gangen en langs scheuren;
- afbraak van en veranderingen in de organische stof;
- omzettingen bij de uitwisselbare kationen:  $Na^+$ - en  $Mg^{2+}$ -ionen aan het adsorptie-complex worden geleidelijk en gedeeltelijk vervangen door  $Ca^{2+}$ .

### ***Biologische rijping***

Al tijdens de afzetting ontstaan biogene gangen in het sediment, een proces dat zich dus voor de bedijking afspeelt. Veranderingen die tijdens de rijping door biologische oorzaken ontstaan, worden biologische rijping genoemd. Bodemvorming door biologische rijping is echter gering, zeker als de pas bedijkte polder direct als bouwland wordt gebruikt. Als de omstandigheden gunstig zijn, treden veel grotere veranderingen door de vegetatie en de bodemfauna pas op na de voltooiing van de rijping; dit proces behoort dan niet meer bij de initiale maar bij de voortgaande bodemvorming en wordt homogenisatie genoemd (par. 1.2.9).

### 1.2.5 Kattekleivorming

Behalve kalkrijke en kalkloze kleien, komen ook extreem zure kleien voor, die naast roestvlekken ook typische gele vlekken hebben. Deze afzettingen zijn beperkt tot de zeekleigebieden. Dergelijke klei wordt katteklei genoemd.

Kattekleivorming is een proces dat zich tijdens de rijping afspeelt; strikt genomen is het een bodemvormend proces dat onder de rijping valt. Het komt in Nederland zoveel voor dat het in een afzonderlijke subparagraaf besproken wordt.

Het ontstaan van katteklei wordt verklaard uit het sedimentatiemilieu. Onder bepaalde omstandigheden worden tijdens de sedimentatie van mariene afzettingen aanzienlijke hoeveelheden pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) opgehoopt. Dit is een rechtstreeks gevolg van de reductie van sulfaat uit zeewater tot sulfide. Daar deze reductie door sulfaatreducerende bacteriën wordt veroorzaakt, is de hoeveelheid pyriet afhankelijk van de toevoer van (gemakkelijk verteerbare) organische stof. De hoogste concentraties worden dan ook niet aangetroffen in zoute, maar in brakke gebieden waar zich een rietvegetatie kon ontwikkelen. Bij drooglegging (inpoldering) van dergelijke gebieden oxideert pyriet en daardoor ontstaan gele vlekken van basisch ijzersulfaat (jarosiet) en bruine vlekken van ijzeroxide. Het bij de pyrietoxidatie vrijkomende zwavelzuur lost in eerste instantie de aanwezige carbonaten op. Als deze niet meer aanwezig zijn, worden ook de silicaten -in deze gronden hoofdzakelijk kleimineralen- aangetast.

Zuur materiaal ontstaat ook wanneer pyriethoudend materiaal uit de gereduceerde ondergrond naar boven wordt gebracht bij het uitbaggeren van sloten, kanalen en recreatievijvers.

### 1.2.6 Podzolering

Humus die in de bovengrond van arme, zure gronden is ontstaan (par. 1.2.1) valt gemakkelijk uiteen (dispergeert), wordt als disperse humus (colloïdale oplossing) uitgespoeld en slaat op enige diepte weer neer op de zandkorrels. Dit humustype wordt vanwege het ontbreken van enige (met microscoop) waarneembare structuur amorfe humus genoemd en ligt als huidjes rond de zandkorrels.

Amorfe humus komt het meest voor bij zandgronden als gemakkelijk verweerbare mineralen ontbreken, door verwerking verdwenen zijn of niet meer voldoende basen naleveren. De uitgespoelde humuszuren (fulvo- en huminezuren) hopen zich op enige diepte weer op, samen met Fe en/of Al.

Dit proces van uitspoeling en inspoeling (precipitatie) van humus, Al en Fe wordt podzolering genoemd. Het is al een oude term, vermoedelijk een praktijkterm die door de Rus Dokuchaiev in de vorige eeuw voor deze zonale bodem is ingevoerd (Russ. pod = gelijkend op, en zola = as, naar de lichtgrijze kleur die de uitspoelingshorizont, de E-horizont, kan hebben). Het is een bodemvormend proces dat uiteraard alleen in een klimaat kan voorkomen waarin de neerslag de verdamping overtreft.

Hierbij dient te worden aangetekend dat dit proces zich bij ons in de winter afspeelt. Dit in tegenstelling tot de klassieke gebieden waar podzolgronden voorkomen op de overgang van de loofhoutgordel naar de toendragordel.

Podzolering in de bovenomschreven betekenis wordt in Nederland alleen gevonden in zandgronden, in bepaalde moerige gronden en veengronden. De zandgronden dienen dan ook nog weinig lutum en leem te bevatten en bovendien mineralogisch arm te zijn. In moedermateriaal met meer dan enige procenten lutum, of meer dan enige tientallen procenten leem, of dat mineralogisch rijk is, treedt geen podzolering op. In dit 'rijke' moedermateriaal kunnen bruine gronden worden aangetroffen (o.a. vorstvaaggronden). Ook veengronden en moerige gronden moeten arm zijn, dat wil zeggen oligotroof, wil er podzolering optreden. In de veenkoloniën wordt onder de zure restveenlaag vaak ingespoelde humus aangetroffen. Wanneer bij gebruik als bouwland veen wordt aangeploegd en daardoor versneld wordt omgezet, treedt humustransport op doordat er weinig binding is met mineraal materiaal (ontbreken van lutum).

Men zou verwachten dat podzolering alleen gevonden zou worden bij gronden met diepe grondwaterstanden. Dit is beslist niet het geval. De hydropodzolgronden (moerige podzolgronden, veld- en laarpodzolgronden) vertonen zelfs een extremere bodenvorming dan de xeropodzolgronden (haar- en kamppodzolgronden). Is uit laatstgenoemde gronden het ijzer alleen uit de E-horizont verdwenen, in de hydropodzolgronden is ook de B-horizont en het bovenste gedeelte van de C-horizont ontijzerd.

### 1.2.7 Gleyverschijnselen

IJzer kan onder bepaalde omstandigheden veel beweeglijker in de grond zijn dan aluminium.  $\text{Fe}^{3+}$  kan gereduceerd worden tot  $\text{Fe}^{2+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$ -hydroxiden zijn veel beter oplosbaar dan  $\text{Fe}^{3+}$ -oxiden. Voorwaarden voor de reductie zijn:

- continue of periodieke verzadiging met water;
- aanwezigheid van organische stof waardoor reductie mogelijk is;
- een temperatuur waarbij het door micro-organismen gekatalyseerde reductieproces kan plaatsvinden.

Periodiek met water verzadigde horizonten en lagen zijn vaak gekarakteriseerd door een laag met een grijze matrix met bruine roestvlekken langs wortelgangen en scheuren; daaronder is de grond homogeen donkergrijs zonder roestvlekken.

Langs de gangen en scheuren is lucht (zuurstof) naar binnen gedrongen die het uit de grondmassa gemobiliseerde ijzer weer heeft geoxideerd waardoor het is neergeslagen. De roestvlekken in de grijze matrix worden gleyverschijnselen genoemd.

Gleyverschijnselen komen vooral voor in de zone waarin het grondwater fluctueert (of heeft gefluctueerd, fossiele gley).

Lokaal kan zoveel ijzer afgezet zijn dat geen grijze matrix meer zichtbaar is en de horizont geheel rood gekleurd is. Meestal komen dan ook donkerbruine of bruinrode concreties voor, soms zelf platen. Deze ijzerverrijking wordt moerasijzererts, ijzeroer, rodoorn of rodolm genoemd en wordt vrijwel uitsluitend in de beekdalen van de zandgebieden gevonden. Tot voor enige decennia werd het commercieel gewonnen; het was de basis van de ijzerindustrie in de Achterhoek. Ook werd het gebruikt voor de zuivering van stadsgas.

Soms komt een afwijkend roestbeeld voor: een bruine, roestige matrix met grijs gekleurde wanden van structuur-elementen en met grijs gekleurde gangen en scheuren. Deze gleyverschijnselen worden aangetroffen in bovengronden waar percolerend regenwater tijdelijk stagneert. Deze gleyverschijnselen worden pseudogley genoemd.

### 1.2.8 Kleiverplaatsing

Uitspoeling van fijne deeltjes uit de bovengrond en inspoeling daarvan in de ondergrond wordt kleiverplaatsing genoemd. Er is voor de term kleiverplaatsing gekozen en niet lutumverplaatsing. De verplaatste fijne deeltjes bestaan voornamelijk uit kleimineralen uit de lutumfractie.

Uiteraard treedt kleiverplaatsing alleen op in kleiig moedermateriaal, dat wil zeggen in leem-, zavel- en kleigronden die bovendien al vrij oud zijn. Het verschijnsel wordt dan ook voornamelijk gevonden in lössgronden en oude rivierkleigronden, maar het is ook waargenomen in jonge rivierkleigronden van pre-Romeinse ouderdom.

In rijkere zandgronden kan door verwerking nieuwvorming van kleimineralen optreden. Deze gronden (meestal moderpodzolgronden) vertonen ook kleiverplaatsing. In tegenstelling tot de kleiige gronden gebeurt dit niet in een aaneengesloten horizont maar in dunnere of dikkere lagen. Deze variëren in dikte van enige mm tot 10 à 20 cm; de dunnere worden fibers, de wat dikkere lagen worden banden genoemd. In deze inspoelingslagen is de textuur meestal kleiig, zwak lemig zand met daartussen kleiarm, leemarm zand. Ook in zand dat onder dunne löss, keileem of oude rivierklei ligt, kan klei-inspoeling in deze vorm ontwikkeld zijn.

Kleiverplaatsing kan slechts optreden als de klei gedispergeerd is. Bij een hoge Ca-bezetting is dit niet het geval; voordat kleiverplaatsing kan optreden moet een grond dan ook niet alleen ontkalkt zijn, maar ook zijn basenverzadiging moet al wat gedaald zijn. Ook hierop zijn weer uitzonderingen. Bij een hoge Na-bezetting is klei sterk gedispergeerd (denk aan de instabiele structuur van met zeewater geïnundeerde gronden) en kan klei gemakkelijk uitspoelen.

Vermoedelijk is dit de verklaring dat ook in bepaalde zeekleigronden (knip en knippige zeekleigronden) plaatselijk kleiverplaatsing geconstateerd wordt. Een knipkleigrond is een kalkarme, lichte tot zware kleigrond, met landbouwkundig ongunstige eigenschappen. Hij onderscheidt zich van normale, kalkarme zeekleigronden onder andere door een wat afwijkende kleur, verdeling van de roest en

andere vrij moeilijk te omschrijven kenmerken, zoals een grauwe vlekkerige kleur onder de A-horizont en vaak een instabiele structuur. De knipkleigronden hebben relatief veel Mg aan het adsorptiecomplex (een lage calcium-magnesiumverhouding, meestal beneden 10, soms zelfs beneden 3, in tegenstelling tot 'normale' zeeklei, waarin deze verhouding wel boven de 20 ligt). Dit zou een relict kunnen zijn van de oorspronkelijk hoge, Na- en Mg-bezetting. De combinatie van het gemakkelijk uitwisselbare Na-ion, het moeilijk uitwisselbare Mg-ion en de kalkarmoede, levert de huidige kationenbezetting op.

Bij een zure grond (pH-KCl < 5) is de klei opnieuw weinig beweeglijk, omdat dan uitwisselbare en vrije Al-ionen voorkomen die sterk coagulerend werken.

De gedispergeerde klei wordt met het regenwater naar beneden getransporteerd en in poriën en scheuren als huidjes afgezet. Dit gebeurt als één of meer van de factoren die de dispergering en het transport bevorderen, niet meer werkzaam zijn. De klei kan uitvlokken als de concentratie van Ca-ionen toeneemt (de basenverzadiging stijgt) en de poriën of scheuren kunnen doodlopen waardoor de suspensie mechanisch uitgefilterd wordt. Zoals meer bodemvormende processen is ook dit proces nog niet geheel duidelijk.

### **1.2.9 Homogenisatie**

Sommige lichte klei- en zavelgronden hebben een homogeen bruin gekleurde, niet gelaagde ondergrond, waarin geen grijze vlekken of roestvlekken voorkomen. Ze worden vrijwel uitsluitend gevonden op de van nature goed ontwaterde stroomruggronden in de rivierkleigebieden. Deze verbruining is niet door verwerking (par. 1.2.2) ontstaan omdat deze gronden nog kalkrijk zijn of ten minste nog een hoge basenverzadiging hebben.

Het proces, waarbij de oorspronkelijke sedimentaire gelaagdheid en eventueel aanwezige grijze vlekken en roestvlekken door biologische menging verdwijnen, wordt homogenisatie genoemd. Het proces treedt alleen op bij goede ontwatering en hoge biologische activiteit; dit laatste ligt door de herhaalde grondbewerking in bouwland op een veel lager niveau dan onder bos of grasland. Gravende bodemdieren (mollen en wormen) maar ook de vegetatie spelen een belangrijke rol bij de homogenisatie. De vegetatie is niet alleen belangrijk als humusproducente maar de plantewortels kunnen ook mechanisch aan de verstoring van de gelaagdheid bijdragen.

Het is dan ook waarschijnlijk dat de homogenisatie van de gronden op de stroomruggen al voor de occupatie door de mens onder het natuurlijke ooibos tot stand gekomen is.

Een bijkomend effect van homogenisatie is landbouwkundige structuurverbetering.

### 1.2.10 Anthropogene processen

Er kan niet van één anthropogeen proces worden gesproken. De tot nu toe behandelde processen worden alle door de mens in meerdere of mindere mate beïnvloed. Ze kunnen versterkt, verzwakt, op gang gezet of zelfs gestopt of omgekeerd worden. Een willekeurige opsomming: bekalking, bemesting (organisch en anorganisch), drooglegging van meren en plassen, bedijking van schorren, kwelders en slikken, beregening, ontginning van heidevelden en veranderingen in de ontwatering van die gebieden.

Als direct werkend anthropogeen proces kan grondverplaatsing worden genoemd: ploegen, diepploegen en -woelen, egaliseren, afgraven, ophogen (opspuiten) en bezanden. Een duidelijk voorbeeld van een sterke invloed van de mens op de bodem zijn de gronden van de oude bouwlandcomplexen in de zandgebieden (enken, engen, essen of akkers genoemd). Deze zijn ontstaan door het eeuwenlang opbrengen van potstalmest bestaande uit plaggen, zand en mest, op bouwland. Hierdoor werd het bouwland geleidelijk opgehoogd en in plaats van een ontginningsbouwvoor van ongeveer 20 cm dikte, ligt nu op deze gronden een humushoudende horizont van 50 cm dikte of meer. De bewortelbare diepte en het vochtleverend vermogen zijn hierdoor aanzienlijk vergroot.

Een indirect werkend proces als gevolg van een sterke invloed van de mens zijn de heide-ontginningen. De 500 000 ha, die sinds circa 1850 ontgonnen zijn uit heide-terreinen, hebben de plaggenbemesting niet of nauwelijks meer gekend. Daarentegen zijn ze veelal bekalkt en in toenemende mate bemest met kunstmest culminerend in de huidige overbemesting.



## 2 Methode van het bodemgeografisch onderzoek

### 2.1 Bodemgeografisch onderzoek

We verstaan onder bodemgeografisch onderzoek:

- een veldbodemkundig onderzoek naar de variabelen die te zamen de bodemgesteldheid bepalen:
  - . *profielopbouw (als resultaat van de geogenese en pedogenese):*
    1. *dikte van de horizonten;*
    2. *textuur van de horizonten (lutum- en leemgehalte, en zandgrofheid);*
    3. *veensoort;*
    4. *organische-stofgehalte van de onderscheiden lagen;*
  - . *bewortelbare diepte;*
  - . *doorlatendheid van de horizonten;*
  - . *grondwaterstandsverloop uitgedrukt in grondwatertrappen (Gt's);*
- het determineren van de grond volgens De Bakker en Schelling (1989);
- het ruimtelijk weergeven van de verbreiding van deze variabelen in bodemkundige eenheden op kaarten en de omschrijving ervan in de bijbehorende legenda.

Tijdens een bodemgeografisch onderzoek wordt met een grondboor per hectare circa 1 monster (voor kaarten, schaal 1 : 10 000) of circa 1 monster per 2 à 3 ha (voor kaarten, schaal 1 : 25 000) van het gehele bodemprofiel genomen tot een diepte van 1,20, 1,50 of 1,80 m - mv. In het veld wordt elk bodemprofielmonster (veldbodemkundig) onderzocht, dus van elk monster worden de hiervoor genoemde variabelen geschat of gemeten, en wordt de profielopbouw gekarakteriseerd. De resultaten van het veldonderzoek aan deze bodemprofielmonsters worden met een veldcomputer (Husky Hunter) geregistreerd, en vastgelegd op veldkaarten.

Van een aantal bodemprofielmonsters worden de resultaten niet geregistreerd, maar wordt alleen de plaats op de veldkaarten aangegeven. Deze profielmonsters worden genomen om bodem- en Gt-grenzen nauwkeurig vast te stellen. De gegevens van de geregistreerde bodemprofielmonsters, de zogenaamde boorstaten, worden opgeslagen in een computerbestand, dat in principe alleen aan de opdrachtgever wordt verstrekt. Plaats en nummer (veldkaartnummer gevolgd door volgnummer) van de bodemprofielmonsters worden aangegeven op een boorpuntenkaart.

Eventueel bestaande gegevens van bodemprofielmonsters worden aangepast en opgenomen in het computerbestand.

De verbreiding van bodemkundige verschillen wordt op veldkaarten ingetekend. Hierbij wordt niet alleen uitgegaan van de profielkenmerken, maar ook van veldkenmerken en van landschappelijke en topografische kenmerken, zoals maaiveldsligging, reliëf, slootwaterstanden, vegetatie en bodemgebruik.

Indien nodig worden grondmonsters genomen, waaraan de schattingen van de textuur en het humusgehalte worden getoetst (par. 2.2.1). De kartering van het grondwater-

standsverloop die gelijktijdig met de opname van de andere variabelen plaatsvindt, is gebaseerd op de veldschatting van GHG en GLG. Hiervoor worden profiel- en veldkenmerken gebruikt die veroorzaakt worden door en die van invloed zijn op het jaarlijks verloop van de grondwaterstand. Op basis van vooral de relatie tussen de hydromorfe verschijnselen en de GHG en GLG, vastgesteld op plaatsen met langjarige meetgegevens (stambuizen), vindt extrapolatie plaats.

De hydromorfe verschijnselen zoals roest- en/of reductievlekken en blekingsvlekken zijn doorgaans sterk gerelateerd aan het GHG-niveau; de begindiepte van de totaal gereduceerde zone (Cr-horizont) hangt veelal samen met het GLG-niveau. Door verschillende ingrepen kunnen de hydromorfe verschijnselen min of meer vervaagd zijn, of kunnen niet meer op eenduidige wijze met de actuele hydrologische situatie corresponderen. De veldschatting wordt hierdoor moeilijker; daarom worden meer metingen gebruikt die in de opnameperiode als richtwaarden dienen.

De veldkenmerken zijn te ontleen aan de fysische geografie van het gebied en aan de vegetatie. Zij worden vooral gebruikt om de begrenzing van een gebiedsdeel (kaartvlak) met eenzelfde (geschatte) grondwatertrap (= de tot één klasse samen genomen GHG-GLG combinaties) vast te stellen. De veldschattingen van GHG en GLG worden getoetst aan berekende GHG en GLG-waarden afkomstig van buizen en, indien mogelijk, gerichte opnamen (par. 2.2.2).

De conclusies van het onderzoek naar de bodemgesteldheid worden samengevat op twee kaarten: de bodemkaart en de grondwatertrappenkaart. Omdat het niet mogelijk is een kaart te maken die de verbreiding van zowel de bodemeenheden als de grondwatertrappen in kleuren weergeeft, worden op de bodemkaart alleen de bodemeenheden van kleuren voorzien. Om de verbreiding van de grondwatertrappen weer te geven wordt de grondwatertrappenkaart vervaardigd; deze kaart bevat dezelfde informatie als de bodemkaart, maar wordt alleen naar grondwatertrappen ingekleurd.

Binnen bijna ieder kaartvlak komen delen voor waarvan de profielopbouw en/of grondwatertrap afwijkt van de omschrijving die in de legenda voor dit kaartvlak wordt gegeven. Zulke delen worden onzuiverheden genoemd. Deze delen kunnen door hun geringe afmetingen of door de grote variatie op korte afstand bij de gebruikte kaartschaal niet afzonderlijk worden weergegeven. Er wordt naar gestreefd kaartvlakken af te grenzen met een gemiddelde zuiverheid van ten minste 70% (Marsman en De Gruijter 1982).

Kaartschaal en boringsdichtheid bepalen de hoeveelheid informatie op een kaart. Meer of gedetailleerdere informatie wordt niet verkregen door de kaart te vergroten, zoals ten onrechte nogal eens wordt gedacht, maar alleen door een gedetailleerder onderzoek. Bij vergroting neemt de waarnemingsdichtheid per vierkante centimeter af, en daarmee vermindert de nauwkeurigheid van de vergrote kaart sterk (Steur en Westerveld 1965).

Indien de opdrachtgever dit wenst, worden de gronden op hun geschiktheid voor akkerbouw, weidebouw, bosbouw, vollegrondsgroenteteelt, boomkwekerij, enzovoort beoordeeld. Dit gebeurt door de bodem- en grondwatertrappenkaart te interpreteren

volgens het Werksysteem Interpretatie Bodemkaarten (Ten Cate et al. 1995, TD19D en hoofdstuk 3).

Voor het onderzoek naar de bodemgesteldheid verstrekt de opdrachtgever het topografische kaartmateriaal.

## **2.2 Toetsing aan meetresultaten**

Tijdens het veldbodemkundig onderzoek naar de variabelen die de bodemgesteldheid bepalen, worden veel schattingen gemaakt. Het analyseren van elke variabele voor alle bodemprofielmonsters kost te veel tijd en geld. Om enig houvast te hebben vóór de veldopname begint, worden analyse-uitslagen van grondmonsters (textuur en humusgehalte) en grondwaterstandsmetingen (GHG en GLG) geïnventariseerd. Tijdens de veldopname vinden aanvullende bemonsteringen en grondwaterstandsmetingen plaats als controle en eventuele bijstelling op de schattingen.

### **2.2.1 Bemonstering en laboratoriumanalyse**

Als controle op de schattingen van het percentage organische stof en de textuur worden grondmonsters genomen die het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek worden geanalyseerd. De bemonsteringsplaatsen worden aangegeven op een situatiekaart. Ook worden grondmonsters uit het archief van DLO-Staring Centrum gebruikt die verzameld zijn voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

De analyseresultaten bieden, naast de controle op de schattingen, een overzicht van de verdeling van de minerale delen (granulaire samenstelling) in de verschillende bodemeenheden en van het organische-stofgehalte in de bovengrond. De mediaan van de zandfractie (M50) wordt berekend.

### **2.2.2 Grondwaterstandsmetingen**

Om de veldschattingen van de gemiddeld hoogste grondwaterstand in de winterperiode (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand in de zomerperiode (GLG) te toetsen, worden meetgegevens gebruikt van:

- het Instituut voor Grondwater en Geo-energie-TNO (met een meetreeks van 6-8 jaar of meer; meetfrequentie 2 keer per maand voor de stambuizen en 4 keer per jaar voor de AP-buizen, archief-buizen);
- Staring Centrum-buizen (met een meetreeks van minder dan 6-8 jaar; meetfrequentie 2 keer per maand);
- gerichte opnamen (op data die het GHG- en GLG-niveau benaderen).

Voor gedetailleerde informatie over het grondwater en grondwaterstandsmetingen wordt verwezen naar Ten Cate et al. (1995, TD19B).

### **2.2.2.1 Gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG)**

De grondwaterstand heeft gedurende het jaar een golfvormig verloop met in de winter de hoogste en in de zomer de laagste standen. De verdamping die in het voorjaar de neerslag gaat overtreffen, en de afvoer veroorzaken een daling van de grondwaterstand. Deze daling duurt tot de nazomer of de herfst. Het neerslagtekort gaat dan over in een neerslagoverschot wat resulteert in een stijging van de grondwaterstand. Uitzonderingen hierop komen bijvoorbeeld voor in gebieden met sterke regionale kwel en met waterinlaat.

De hoeveelheden neerslag en verdamping en hun verdeling over het jaar zijn elk jaar verschillend. Dit werkt door naar de grondwaterstand waardoor de fluctuatie van de grondwaterstand elk jaar een ander verloop heeft. Bovendien verschillen daardoor de tijdstippen waarop de hoogste en de laagste grondwaterstand voorkomen.

Naast meteorologische factoren bepalen ook de hydrologische situatie (afwatering, ontwatering, kwel, wegzijging) en de bodemgesteldheid (doorlatendheid, bergingsvermogen) de grootte van de grondwaterstandsfluctuatie. Deze kan worden gekarakteriseerd met de hoogste en laagste grondwaterstand. Met de hoogste grondwaterstand wordt de wintergrondwaterstand gekarakteriseerd en met de laagste grondwaterstand de grondwaterstand die aan het einde van het groeiseizoen mag worden verwacht. De van jaar tot jaar verschillende fluctuaties moeten daartoe tot een gemiddelde fluctuatie worden herleid. Wanneer hiervoor uitgegaan wordt van grondwaterstanden gemeten op een vaste datum in de winter, en in de zomer, wordt een te geringe fluctuatie gevonden. De hoogste standen zullen immers niet elk jaar op hetzelfde tijdstip vallen, evenmin de laagste standen.

Een beeld van de fluctuaties dat voor veel toepassingen geschikt is, ontstaat door hoogste standen en ook laagste standen over elk hydrologisch jaar (april tot en met maart) te middelen. Door deze waarden weer te middelen kan de gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) berekend worden.

Voor de GHG (GLG) geldt onderstaande definitie.

*De GHG (GLG) is gedefinieerd als de statistische verwachtingswaarde van de HG3's (LG3's) gegeven het grondwaterregime en het klimaat. De precieze waarde hiervan zal in de praktijk uiteraard onbekend blijven, maar deze waarde kan geschat worden uit halfmaandelijke waarnemingen over een aantal jaren, waarin het grondwaterregime niet door ingrepen is gewijzigd.*

Omdat het weer van jaar tot jaar sterk wisselt, wordt in de praktijk de GHG (GLG) over een periode van ten minste 8 jaar berekend.

Aanvankelijk werd de GHG en GLG grafisch bepaald door een 'gemiddelde' lijn te trekken door de toppen en de dalen van tijd-stijghoogtelijnen. Het niveau van de gemiddelde toppen en dalen kwam ongeveer overeen met de gemiddelde waarden van de HG3's en LG3's. De keuze van een gemiddelde van drie standen is arbitrair. De keuze van het hydrologisch jaar (april t/m maart) in plaats van een kalenderjaar heeft als achtergrond dat het begin hiervan ongeveer samenvalt met het tijdstip waarop neerslag en verdamping met elkaar in evenwicht zijn. De hoge grondwaterstanden vallen daardoor veelal voor het begin van een nieuwe berekeningsperiode.

#### **2.2.2.2 Nauwkeurigheid van de berekende GHG en GLG**

Het aantal jaren met meetgegevens van de grondwaterstand is gewoonlijk beperkt. De eerste systematische metingen dateren van omstreeks 1953. Gegevens over de jaren daarvoor zijn nauwelijks beschikbaar. Een deel van de meetpunten is inmiddels opgeheven of is verplaatst. Ook zijn nieuwe meetpunten in de loop der jaren aan het net toegevoegd. De meetperioden variëren daardoor in lengte en hebben ook los daarvan niet steeds betrekking op dezelfde jaren. Als gevolg van de beperkte meetperiode is de berekende GHG (GLG) niet meer dan een benadering van de werkelijke, maar onbekende GHG (GLG). De nauwkeurigheid van deze berekende GHG (GLG) is niet voor alle meetpunten gelijk.

In de beginperiode van het gebruik van grondwatertrappen stonden meetreeksen van hooguit acht jaar ter beschikking. Deze periode werd toen voor de berekening van de GHG (GLG) als voldoende beschouwd, mede omdat voor een aantal meetpunten een langere periode nog slechts een geringe verandering in de berekende waarde te zien gaf (Colenbrander 1970). De nauwkeurigheid hangt af van de lengte van de meetperiode en van de variatie in de HG3's (LG3's). Door verschillen in bergingsvermogen en verschillen in ont- en afwateringstoestand is deze variatie niet voor alle meetpunten gelijk. De nauwkeurigheid van de berekende GHG en GLG kan met een betrouwbaarheidsinterval worden aangegeven (Oude Voshaar 1994). De betrouwbaarheid wordt uitgedrukt in procenten.

Naar de huidige inzichten wordt de schatting van de GHG (GLG) als voldoende nauwkeurig beschouwd, indien het 80%-betrouwbaarheidsinterval niet groter is dan 20 cm. Zowel voor de correlatie met profiel- en veldkenmerken als voor de keuze van referentiepunten voor een gerichte opname van grondwaterstanden, komen meetpunten met een klein 80%-betrouwbaarheidsinterval het eerst in aanmerking. Uiteraard dienen dergelijke meetpunten ook een goede en representatieve ligging te hebben.

Uit onderzoek is gebleken dat het klimaat in de periode waarvan de HG3's (LG3's) voor de berekening worden gebruikt, van invloed is. Om de nauwkeurigheid van de GHG en GLG van stambuizen te verhogen, is recent een methode ontwikkeld om voor weersinvloeden te corrigeren (Knotters en Van Walsum 1994).

### **2.2.2.3 Schatting van GHG en GLG van (tijdelijke) buizen met korte meetreeksen door regressie-analyse met stambuizen**

Het landelijk meetnet van stambuizen (meetpunten met metingen op of omstreeks de 14e en 28e van elke maand) is vrij grofmazig. Voor een gebied zijn daarom vaak weinig gegevens beschikbaar wanneer men zich beperkt tot de stambuizen. Een verdichting van informatie kan bereikt worden door korte meetreeksen van tijdelijke peilbuizen te koppelen aan langjarige meetreeksen in stambuizen. Daartoe worden tijdelijk (bijv. gedurende een jaar) peilbuizen geplaatst en wordt op dezelfde dag de grondwaterstand in de stambuizen en de tijdelijke peilbuizen gemeten. Voor zo'n tijdelijke buis en een naburige stambuis zal het grondwater doorgaans gelijktijdig stijgen en dalen, zodat een vrij sterke relatie kan worden verondersteld tussen de in beide buizen gemeten grondwaterstanden. Van deze relatie wordt gebruik gemaakt bij het schatten van de GHG en GLG van de tijdelijke buis. De genoemde relatie wordt vastgesteld via regressie-analyse (Oude Voshaar 1994). Door vervolgens in de gevonden regressieformule de GHG (GLG) van de stambuis in te vullen, wordt de geschatte GHG (GLG) van de tijdelijke buis gevonden.

In sommige gevallen vertoont de puntenwolk een 'banaanvormig' patroon. In die situaties is een regressiemodel met een rechte lijn minder geschikt en wordt een exponentiële curve gebruikt. In de overblijvende gevallen van niet-lineariteit wordt een spline-functie (een gladde curve die zo goed mogelijk door de puntenwolk gaat) gebruikt.

In de praktijk is meestal een aantal stambuizen in de omgeving beschikbaar. Na controle op de voorwaarden kan met elke geschikte stambuis een GHG en/of GLG geschat worden. Het ligt dan voor de hand om deze schattingen te combineren (middelen) zodat alle beschikbare informatie gebruikt wordt. Er bestaat een Genstat-procedure (GTKORTEREEKS) waarmee de benodigde berekeningen eenvoudig uitgevoerd kunnen worden (Ten Cate et al. 1995, par. 2.3.5).

#### ***Nauwkeurigheid van de via regressie geschatte GHG (GLG) in tijdelijke buizen***

Twee componenten bepalen de (on)nauwkeurigheid van de via regressie geschatte GHG (GLG) in een tijdelijke buis:

- onnauwkeurigheid van de regressielijn;
- onnauwkeurigheid van de GHG (GLG) van de stambuis.

De eerste component is duidelijk omdat immers de regressielijn geschat is uit waarnemingen die gespreid liggen rond deze lijn; de lijn bezit daarom een bepaalde onnauwkeurigheid. De tweede component komt voort uit het niet exact bekend zijn van de GHG (GLG) van de stambuis. Deze bezit een bepaalde onnauwkeurigheid (se-stambuis).

Deze beide onnauwkeurigheden worden op een statistisch verantwoorde manier gecombineerd om een schatting van de onnauwkeurigheid van de GHG (se(GHG)) van de tijdelijke buis te krijgen. Omdat de formule voor deze onnauwkeurigheid nogal ingewikkeld is, wordt hiervoor verwezen naar Technisch Document 30 (Oude Voshaar

1996). Op dezelfde manier wordt ook een schatting van de onnauwkeurigheid van de GLG (se(GLG)) verkregen.

#### ***Voorwaarden om de methode toe te kunnen passen***

Omdat deze methode nadrukkelijk gebaseerd is op een regressiemodel, moet er een sterke relatie bestaan tussen de grondwaterstanden in de tijdelijke buis en de voor de schatting gebruikte stambuis. Deze wat vage eis is te vertalen in een aantal, meer concrete voorwaarden. Sommige voorwaarden kunnen al gecontroleerd worden voordat berekeningen worden uitgevoerd. Andere voorwaarden kunnen alleen gecontroleerd worden, wanneer de berekening is uitgevoerd.

Een voorwaarde die vooraf gecontroleerd kan worden, is dat de tijdelijke buis en de stambuis op plekken staan met *vergelijkbare hydrologische omstandigheden*. Immers dan zal het grondwater in grote mate gelijktijdig stijgen en dalen en mag een sterke relatie tussen de twee buizen verondersteld worden. Onder vergelijkbare hydrologische omstandigheden wordt verstaan:

- overeenkomst in bodemkundige opbouw van het gebied;
- vergelijkbaar peilbeheer (afwatering, bemaling);
- vergelijkbaar met betrekking tot kwel cq. wegzijging.

Uiteraard zal men vooraf ook moeten nagaan of de grondwaterstanden in de stambuis en in de tijdelijke buis op dezelfde dag zijn gemeten.

Andere voorwaarden zijn dat de *relatie voldoende sterk* is en met een lineaire, exponentiële of spline functie is te beschrijven. Dit is achteraf te controleren. De relatie wordt als voldoende sterk beschouwd als de verklaarde variantie ( $R^2_{\text{adjusted}}$ ) groter is dan 80%. Als deze kleiner is dan 80% zal de GHG te diep (en de GLG te ondiep) worden geschat vanwege het verschijnsel 'regression to the mean': alle schattingen worden dan naar het midden getrokken omdat de regressielijn vlakker wordt naarmate de relatie zwakker is.

Bovendien moet de *relatie goed kunnen worden vastgesteld*. Dit houdt in dat er *voldoende meettijdstippen* (minstens 10 en liever 20) moeten zijn waarop beide buizen gemeten zijn. Om de relatie goed te kunnen vaststellen, moeten de stambuizen aan de volgende voorwaarden voldoen:

- er moeten voldoende waarnemingen zijn in de buurt van de GHG;
- er moeten voldoende waarnemingen zijn in de buurt van de GLG.

Onvoldoende waarnemingen in de buurt van de GHG levert een onnauwkeurige schatting van de GHG omdat de regressielijn dan wordt geëxtrapoleerd. Evenzo geldt dit voor de GLG. In de praktijk blijken vooral kortdurende meetreeksen (bijv. korter dan 1 jaar) niet altijd aan beide eisen te voldoen, namelijk wanneer de meetreeks geen droge periode of geen natte periode bevat. Er moet dan een afweging gemaakt worden tussen:

- verlenging van de meetperiode;
- genoeg nemen met onnauwkeurige schatters.

Meetreeksen korter dan 1 jaar zijn ook om een andere reden te wantrouwen. Het kan bijvoorbeeld voorkomen dat op één van beide plekken (tijdelijke buis of stambuis) de bodemfysische eigenschappen in het voorjaar sterk verschillen van die in het najaar. De grondwaterstanden vertonen dan in het voorjaar een andere relatie dan in het najaar. Bij een meetreeks die slechts een half jaar bestrijkt, zullen de gegevens een veel te sterke relatie suggereren en bovendien zal de relatie systematisch te hoog of te laag geschat worden.

### ***Combinatie (middelen) van schattingen uit meer stambuizen levert een betere GHG en GLG***

In de praktijk blijkt vaak een aantal stambuizen beschikbaar te zijn om via de regressie-methode de GHG en GLG in de tijdelijke buis te schatten. Dit zou meer dan één schatting opleveren. Tot 1995 werd alleen de 'beste' stambuis gebruikt voor de voorspelling zonder gebruik te maken van de informatie van de overige buizen. Het is beter om via een aantal 'goede' stambuizen GHG en GLG te schatten en deze vervolgens te middelen. Deze middeling gebeurt met een weging waarbij de nauwkeurigste schatting het grootste gewicht krijgt. Zoals veelal gebruikelijk is, zijn de wegingsfactoren omgekeerd evenredig met de varianties van de schattingen. Bij deze gecombineerde schatting moet men zich uiteraard beperken tot stambuizen die voldoen aan de voorwaarden om de methode toe te kunnen passen. De gecombineerde schatting is nauwkeuriger dan de schatting op basis van één stambuis, maar hoeveel nauwkeuriger is niet exact aan te geven. Als benadering (Oude Voshaar 1996) wordt hiervoor de laagste waarden voor  $se(GHG)$  en  $se(GLG)$  van de stambuizen genomen die meedoen in de gecombineerde schatting.

#### **2.2.2.4 Benadering met gerichte opnamen**

Bij de benadering van de GHG met gerichte opnamen veronderstelde men voorheen, dat de grondwaterstand in gronden met gelijke Gt's en fluctuatie van grondwaterstanden overal op hetzelfde tijdstip op het niveau van de GHG zou zijn. Het tijdstip waarop dit het geval was, werd vastgesteld bij één of enkele stambuizen. Op dat tijdstip werd dan in een groot aantal, vooraf gereedgemaakte, boorgaten de grondwaterstand opgenomen. Voor elk boorgat was de gemeten grondwaterstand een schatting van de GHG. Voor het vaststellen van de GLG werd een gerichte meting op 'GLG-niveau' uitgevoerd. Met deze aanpak kan geen waarde gegeven worden voor de nauwkeurigheid van de schattingen. Bij de keuze van de als referentiebuizen te gebruiken stambuizen is als richtlijn aan te houden dat het stambuizen moet betreffen met:

- een klein 80%-betrouwbaarheidsinterval (minder dan 20 cm);
- een fluctuatie die naar verwachting overeenkomt met die van de boorgaten in het onderzoeksgebied. Uiteraard mag op de meetdatum de grondwaterstand in de stambuis niet te veel van de GHG of GLG afwijken.

Een zwak punt in deze methode was dat ervan uitgegaan werd dat het gebied 'hydrologisch homogeen' zou zijn, in die zin dat de grondwaterstanden zich overal



gelijktijdig op het niveau van de GHG of de GLG bevonden. Dit veronderstelde dat de grondwaterstandsfluctuatie binnen zo'n gebied overal synchroon verloopt. Echter door verschillen in bergingsvermogen, doorlatendheid, dichtheid van het ontwateringssysteem, geo(hydro)logische opbouw van de ondergrond enzovoort, komen al op relatief korte afstanden meer of minder grote verschillen in het grondwaterstandsverloop voor. Zo hebben natte gronden een geringe berging en doorgaans een dicht ontwateringssysteem. Hierdoor heeft het weer (neerslag en verdamping) bij natte gronden over het algemeen een veel grotere en directere invloed op de grondwaterstand dan bij drogere gronden. Dit betekent dat het uitgangspunt van de gerichte opname, het alom gelijktijdig bereiken van het GHG- (GLG)-niveau, zich lang niet overal voordoet. Het resultaat van de gerichte opname was een onzekere schatting.

Het is evenwel mogelijk met een wat aangepaste versie van de methode de GHG of GLG te schatten. Hierbij gaat men uit van een *set* van referentiebuizen die de belangrijkste variatie in hydrologische omstandigheden (geohydrologie en ontwateringsniveau) representeren, anders gezegd die alle voorkomende Gt's omvatten.

Deze gerichte opname wordt bij voorkeur uitgevoerd wanneer de grondwaterstand in de buizen met een gemiddeld ontwateringsniveau ongeveer op het GHG- (GLG-) niveau is. Op dat tijdstip wordt de grondwaterstand in de boorgaten en in alle referentiebuizen gemeten. Op basis van de gegevens van de referentiebuizen wordt de samenhang vastgesteld tussen de grondwaterstand en de GHG (GLG) (via regressie); eventueel wordt dit per geohydrologisch deelgebied (stratum) afzonderlijk gedaan. Met deze samenhang wordt vervolgens de GHG (GLG) per boorgat geschat. Bij deze aanpak van de gerichte opname kan tevens een indicatie van de betrouwbaarheid van de schattingen verkregen worden, mits het aantal en de spreiding (natte en droge buizen) toereikend is (Te Riele 1994).

Door evenwel beide metingen in één regressiemodel te combineren, is het mogelijk de betrouwbaarheid van de GHG- (GLG)-schattingen van de boorgaten te vergroten. Voorwaarde is wel dat de metingen op beide tijdstippen op precies dezelfde lokaties verricht worden. In dat geval kan de GHG (GLG) van de boorgaten geschat worden met een multiple regressie-model dat is gebaseerd op de samenhang tussen de GHG (GLG) en de gemeten grondwaterstanden op twee tijdstippen in de referentiebuizen (Te Riele en Brus 1991).

### **2.2.2.5 Verkenning van de ontwateringstoestand in de winter**

Op een eenvoudige en snelle wijze kan een globale indruk van de voorkomende GHG's verkregen worden, wanneer in de winter een verkenning wordt uitgevoerd van de ontwaterings- en afwateringssituatie. Het is doelmatig om dit voorafgaande aan het bodemgeografisch onderzoek uit te voeren. Tijdens de verkenning geeft men op een kaart aan in welke mate wateroverlast geconstateerd wordt. Van belang is het moment waarop de verkenning uitgevoerd wordt. Bij voorkeur wordt dit op het

tijdstip gedaan waarop de grondwaterstand ongeveer op het niveau van de GHG is gekomen (controleren met stambuisgegevens) en eventueel de slootwaterstand weer tot winterpeil is afgemalen. In alle gebieden met hoge slootwaterstanden is de grondwaterstand ook hoog en de GHG bijgevolg ondiep. Het omgekeerde behoeft uiteraard niet het geval te zijn. Een diep slootpeil vormt geen garantie voor een goede ontwatering (afvoer van overtollig water uit de grond) en een diepe GHG. Ziet men bij een goede afwatering veel plassen op het land of water in de bouwvoor van geploegd land, wat niet het gevolg is van de structuur van de bovengrond (verslemping), dan is de kans op een ondiepe GHG vrij groot. Over de tijdsduur waarop zich hoge grondwaterstanden handhaven, kan een indruk verkregen worden door de verkenning na enige dagen te herhalen.

### **2.2.2.6 Veldschatting**

Ter voorbereiding op een bodemgeografisch onderzoek wordt een grondige analyse uitgevoerd naar de beschikbare grondwaterstandsgegevens. In de praktijk komt dit neer op het raadplegen van het archief van GG-TNO met behulp van OLGA en het berekenen van GHG en GLG van de geselecteerde buizen. Daarnaast is het van belang de aard en de omvang van de eventueel gerealiseerde ingrepen in de waterhuishouding te kennen, terwijl ook informatie over grootte en plaats van grondwateronttrekking door pompstations onontbeerlijk is. Ook het raadplegen van de waterstaatskaart, schaal 1 : 50 000, en incidenteel van hoogtecijferkaarten, schaal 1 : 10 000, kan bijdragen in een toename van de hydrologische voor-informatie. Bij de start van de opname bestaat er aldus kennis over de grootte van de fluctuatie van de grondwaterstand, over de variatie van de fluctuatie binnen het gebied al dan niet gerelateerd aan het voorkomen van natte en droge gronden of aan bepaalde landschappelijke eenheden.

Het op een veldkaart aangeven van grondwatertrappen dat gelijktijdig geschiedt met de opname van de bodemeenheden, is gebaseerd op een veldschatting van de GHG en de GLG. Voor de veldschatting wordt gebruik gemaakt van profiel- en veldkenmerken. Profielkenmerken worden veroorzaakt door het jaarlijkse verloop van de grondwaterstand. Veldkenmerken geven de invloed van het jaarlijkse verloop van de grondwaterstand aan.

Met betrekking tot de fluctuatie van de grondwaterstand zijn in een bodemprofiel drie zones te onderscheiden:

- de zone boven de hoogste grondwaterstand, waarin door voldoende aëratie nauwelijks of geen reductieprocessen optreden. In gronden met hoge grondwaterstanden is deze afwezig;
- de zone waarin zich de fluctuatie van de grondwaterstand afspeelt. In deze zone met afwisselend oxidatie- en reductieprocessen ontstaan door herverdeling van bepaalde verbindingen (o.a. van ijzer) roest- en/of reductievlekken. In ijzerhoudende gronden zijn dit de klassieke gley-kenmerken, in ijzerloze gronden de blekingsvlekken (kleurschifting). Het GHG-niveau bevindt zich in deze zone, veelal in het bovenste gedeelte;

- de zone beneden de diepste grondwaterstand, waarin door permanente verzadiging met water oxidatieprocessen ontbreken (Cr-horizont). De bovenzijde van deze zone correspondeert ruwweg met het GLG-niveau. Bij profielen met een grote capillaire opstijging kan de GLG zelfs in de gereduceerde zone zitten.

### **GHG**

Van de te gebruiken gleyverschijnselen en blekingsvlekken voor de veldschatting van de GHG is geen landelijk geldende morfometrische beschrijving te geven. Hun verschijningsvorm is te zeer afhankelijk van het moedermateriaal waarin zij zijn gevormd en slechts een deel van deze verschijnselen heeft betrekking op het actuele grondwaterstandsverloop. Ingrepen in de ontwaterings- en afwateringstoestand hebben in grote delen van Nederland de grondwaterstand verlaagd. Profielkenmerken die bij het vroegere grondwaterregime behoren en dus fossiel zijn, laten zich vaak niet gemakkelijk van actuele kenmerken onderscheiden.

### **GLG**

De veldschatting van de GLG geeft gewoonlijk minder problemen dan die van de GHG. Het voornaamste profielkenmerk is de begindiepte van de Cr-horizont. Ook voor het GLG-niveau geldt dat dit niet steeds met de bovengrens van de Cr-horizont samenvalt. De grootte van de noodzakelijke correctie kan worden gevonden door profielstudie bij stambuizen.

Naast profielkenmerken bij de veldschatting van de GHG en GLG moet men ook letten op veldkenmerken. Veldkenmerken zijn onder andere te ontleen aan de fysische geografie van het gebied (landschap, reliëf, dichtheid van het afwaterings- en ontwateringsstelsel, slootwaterstand, begreppeling, buisdrainage en bodemgebruik) alsmede aan de vegetatie (vocht- en droogte-indicatoren). De veldkenmerken worden tevens gebruikt om de begrenzing van een gebied met eenzelfde grondwatertrap vast te stellen.

Gewoonlijk geeft geen van de kenmerken een ondubbelzinnige aanwijzing over het GHG- en GLG-niveau. Slechts zelden is een kenmerk zo uitgesproken dat geen twijfel behoeft te bestaan over de daaraan te ontleen gevolgtrekking. De veldschatting is meer dan een uit een combinatie van kenmerken opgebouwd totaalbeeld. Op den duur ontstaat door ervaring en gebiedskennis voor de GHG en GLG een zekere verwachtingswaarde die voortdurend aan kenmerken getoetst moet worden en zonodig gecorrigeerd. Een hulpmiddel hierbij is de kennis van de GHG-GLG-fluctuatie per grondwatertrap, zoals die in tabel 2 bij gemiddelde waarden van de GHG en GLG is opgenomen.

Tabel 2 Gemiddelde en variantie van het gemiddelde van GHG, GLG en GHG-GLG-fluctuatie per Gt voor meetpunten in pleistocene zandgebieden, zeekleigebieden en duinen (naar Van der Sluijs 1990)

Grondwatertrap (Gt)	GHG <sup>1</sup> in cm - mv.	GLG <sup>1</sup> in cm - mv.	GHG-GLG-fluctuatie (cm)	Aantal meetpunten
I	-5 ± 4	38 ± 7	43 ± 5	14
II nat	7 ± 3	66 ± 4	60 ± 3	34
II* droog	32 ± 7	67 ± 11	36 ± 10	5
III nat	17 ± 1	103 ± 3	86 ± 10	54
III* droog	32 ± 3	102 ± 4	70 ± 3	33
IV	56 ± 3	104 ± 4	49 ± 3	45
V nat	17 ± 3	135 ± 5	118 ± 4	30
V* droog	32 ± 3	142 ± 4	110 ± 3	42
VI	61 ± 1	155 ± 2	94 ± 2	151
VII droog	101 ± 2	190 ± 3	90 ± 2	99
VII* droog	185 ± 3	281 ± 4	97 ± 3	50

<sup>1</sup> Berekend voor het gehele hydrologisch jaar

Let op: natter deel: GHG < 25 cm; droger deel Gt II: GHG 25-50 cm en van Gt III en V: 25-40 cm; droger deel Gt VII: GHG 80-140 cm en zeer droog deel Gt VII: GHG > 140

### 2.3 Indeling van de gronden

In het veld worden de gronden per boorpunt gedetermineerd volgens het systeem van bodemclassificatie voor Nederland van De Bakker en Schelling (1989). Dit is een morfometrisch classificatiesysteem: het gebruikt de meetbare kenmerken van het profiel als indelingscriterium. Vervolgens worden de gronden in karteerbare eenheden ingedeeld. Deze eenheden worden in de legenda ondergebracht, omschreven en verklaard. De definities van de gebruikte begrippen, gehanteerd bij de indelingscriteria, staan vermeld in hoofdstuk 5. De verschillende soorten gronden worden in de legenda zodanig gegroepeerd dat de wijze van indeling overzichtelijk wordt weergegeven. Er wordt naar gestreefd dat de indeling van de gronden zoveel mogelijk overeenkomt met die van de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Voor het doel van het onderzoek (bodemkaarten, schaal 1 : 10 000 of 1 : 25 000) wordt op bepaalde punten van de landelijke indeling afgeweken en de onderverdeling verfijnd. De gronden worden naar de grondsoort ingedeeld:

- veengronden;
- moerige gronden;
- zandgronden;
- zavel- en kleigronden;
- leemgronden.

De definities van deze gronden zijn als volgt:

- veengronden zijn gronden die tussen 0 en 80 cm diepte voor de helft of meer van de dikte uit moerig materiaal bestaan.
- moerige gronden zijn gronden die tussen 0 en 80 cm diepte voor minder dan de helft van de dikte uit moerig materiaal bestaan dat tevens voldoet aan de definitie van de moerige bovengrond of van de moerige tussenlaag.
- zandgronden zijn minerale gronden, waarvan het niet-moerige deel tussen 0 en 80 cm diepte voor de helft of meer van de dikte uit zand bestaat; indien een dikke

- A voorkomt, moet deze gemiddeld uit zand bestaan.
- zavel- en kleigronden zijn minerale gronden, waarvan het niet-moerige deel tussen 0 en 80 cm diepte voor minder dan de helft van de dikte uit zand bestaat; indien een dikke A voorkomt, moet deze gemiddeld zwaarder zijn dan de textuurklasse zand.
  - leemgronden zijn minerale gronden, waarvan het niet-moerige deel tussen 0 en 80 cm diepte voor de helft of meer van de dikte uit leem bestaat; indien een dikke A voorkomt, moet deze gemiddeld uit leem bestaan.

In de volgende subparagrafen worden de hoofdklassen van de gronden en de verdere indeling, alsmede toevoegingen en vergravingen, en overige onderscheidingen toegelicht. Tussen ( ) staat telkens de code voor een indelingscriterium. De hoofdklassen van de gronden zijn:

- veengronden (code V);
- moerige gronden (code W);
- podzolgronden (code Y en H);
- brikgronden (code B);
- dikke eerdgronden (code EZ, EL en EK);
- kalkloze zandgronden (code Z);
- vaaggronden /'stuifzandgronden' (code Z);
- kalkhoudende zandgronden (code Z...A);
- kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden (code S...A);
- niet gerijpte minerale gronden (code MO - zeeklei; RO - rivierklei);
- zeekleigronden (code M);
- rivierkleigronden (code R);
- oude rivierkleigronden (code KR);
- oude kleigronden (code K);
- leemgronden (code L);
- mengelgronden (code M);
- overige gronden.

Op het laagste niveau wordt bij veengronden ingedeeld naar veensoort (tabel 3), bij zand- en leemgronden naar zandgrofheidsklassen, leemgehalte en lutumgehalte (tabel 4), bij zavel- en kleigronden naar lutumgehalte en profielverlopen (tabel 5). Er is een algemene indeling van de dikte van de humushoudende bovengrond (tabel 6), een diepte-indeling voor de begindiepte van onder andere veen-, zand-, leem- of kleiondergrond (tabel 7) en een indeling naar kalkverloop (tabel 8).

Tabel 3 Indeling naar veensoort bij veengronden

Code <sup>1</sup>		Omschrijving
A	B	
b	b	boveen
	be	eutroof broekveen
s	s	veenmosveen
c	c	zeggeveen
	cr	rietzeggeveen
	bm	mesotroof broekveen
r	r	rietveen
	rc	zeggerietveen
d	d	veraard of verweerd veen
	vv	verslagen veen
	ov	overig veen (bijv. bagger, gyttja)

<sup>1</sup> Kolom A gebruiken voor een ruime indeling van de veensoorten en kolom B voor een gedetailleerde indeling, indien dit mogelijk is.

Tabel 4 Indeling cijfercode bij zand- en leemgronden

Zandgrofheidsklassen bij zandgronden (eerste cijfer in het cijferdeel van de legendacode)

Naam		M50 (in $\mu\text{m}$ )	Code <sup>1</sup>			
fijn	uiterst fijn	50- 105	1	2	4	6
	zeer fijn	105- 150	3			
	matig fijn	150- 210	5			
grof	matig	210- 420	7	9	8	
	zeer grof	420-2000				

<sup>1</sup> De eerste kolom bevat de codes van de enkelvoudige klassen. De volgende kolommen met even getallen bevattende codes voor telkens twee samengevoegde enkelvoudige klassen.

Leemgehalte bij zandgronden (tweede cijfer in het cijferdeel van de legendacode) en leemgronden (enige cijfer)

Naam		% < 50 µm	% < 2 µm	Code <sup>1</sup>			
zand	leemarm zand	0 - 10	< 8	1	2		
	zwak lemig zand	10 - 17,5		3		4	
	sterk lemig zand	17,5 - 32,5		5			6
	zeer sterk lemig zand	32,5 - 50		7			
leem	zandige leem	50 - 85	meestal > 8				5
	siltige leem	85 - 100					6

<sup>1</sup> Voor zand: de eerste kolom bevat de codes van de enkelvoudige klassen. De volgende kolommen met even getallen bevattende codes voor telkens twee samengevoegde enkelvoudige klassen.

Lutumgehalte bij de kalkhoudende zandgronden (tweede cijfer in het cijferdeel van de legendacode)

Naam		% < 2 µm	Code <sup>1</sup>		
zand	kleiarm zand	zeer kleiarm zand	0-3	1	2
		matig kleiarm zand	3-5	3	4
	kleiïg zand	5-8	5		

<sup>1</sup> De eerste kolom bevat de codes van de enkelvoudige klassen. De volgende kolommen met even getallen bevattende codes voor telkens twee samengevoegde enkelvoudige klassen.

Tabel 5 Indeling cijfercode bij zavel- en kleigronden

Lutumgehalte (eerste cijfer in het cijferdeel van de legendacode)

Naam		% < 2 µm	Code <sup>1</sup>			
zavel	lichte zavel	zeer lichte zavel	8 - 12	0	1	2
		matig lichte zavel	12 - 17,5	1		4
	zware zavel	17,5 - 25	3			6
klei	lichte klei	25 - 35	5			8
	zware klei	matig zware klei	35 - 50	7		
		zeer zware klei	50 - 100	9		

<sup>1</sup> De eerste kolom bevat de codes van de enkelvoudige klassen. De volgende kolommen met even getallen bevattende codes voor telkens twee samengevoegde enkelvoudige klassen.

Profielverlopen bij zavel- en kleigronden (tweede cijfer in het cijferdeel van de legendacode)

Code	Omschrijving
0	geen indeling
1	1a op veen beginnend van 40-60 cm - mv.
	1b op veen beginnend van 60-80 cm - mv.
2	2a op zand beginnend van 40-60 cm - mv.
	2b op zand beginnend van 60-80 cm - mv.
3	3a met een tussenlaag van niet-kalkrijke zware klei beginnend ondieper dan 60 cm - mv.
	3b met een tussenlaag van niet-kalkrijke zware klei beginnend van 60-80 cm - mv.
4	4a met een ondergrond van niet-kalkrijke zware klei beginnend ondieper dan 60 cm - mv.
	4b met een ondergrond van niet-kalkrijke zware klei beginnend van 60-80 cm - mv.
5	5a aflopend, tussen 0-80 cm - mv. neemt het lutumgehalte af
	5b homogeen, tot 80 cm - mv. weinig variatie in het lutumgehalte
	5c oplopend, tussen 0-80 cm - mv. neemt het lutumgehalte toe

Tabel 6 Indeling van de dikte van de humushoudende bovengrond

Code	Dikte in cm
	0-15
t	15-30
c	30-50
	50-80
d	≥ 80



Tabel 7 Diepte-indeling voor begindiepte van o.a. veen-, zand-, leem- of kleiondergrond, verwerkingsdiepte enzovoort <sup>1</sup>

Diepte in cm - mv.	Basisindeling	Samengevoegde indeling
0	0	
15	1	2
40	3a	4
60	3	
	3b	
80	5a	6
100	5	
	5b	
120	7	8
150	9a	
180	9	
	9b	
250		

<sup>1</sup> Deze indeling is opgezet voor de legenda bij een afgeleide thematische kaart, bijvoorbeeld voor de begindiepte van de zandondergrond. Voor dit type thematische kaarten zijn procedures ontwikkeld om de begindiepte af te leiden. Om de algemene bodemkaart niet met (te)veel detailinformatie te belasten, wordt aangeraden deze indeling spaarzaam te gebruiken.

Tabel 8 Indeling kalkverloop

Kalkverloopklasse	Kalkverloop in het kaartvlak (volgens fig. 1)
Kalkrijk ...A	a, a + b
Kalkhoudend ...B	a + b + c, b
Kalkloos ...C	b + c, c

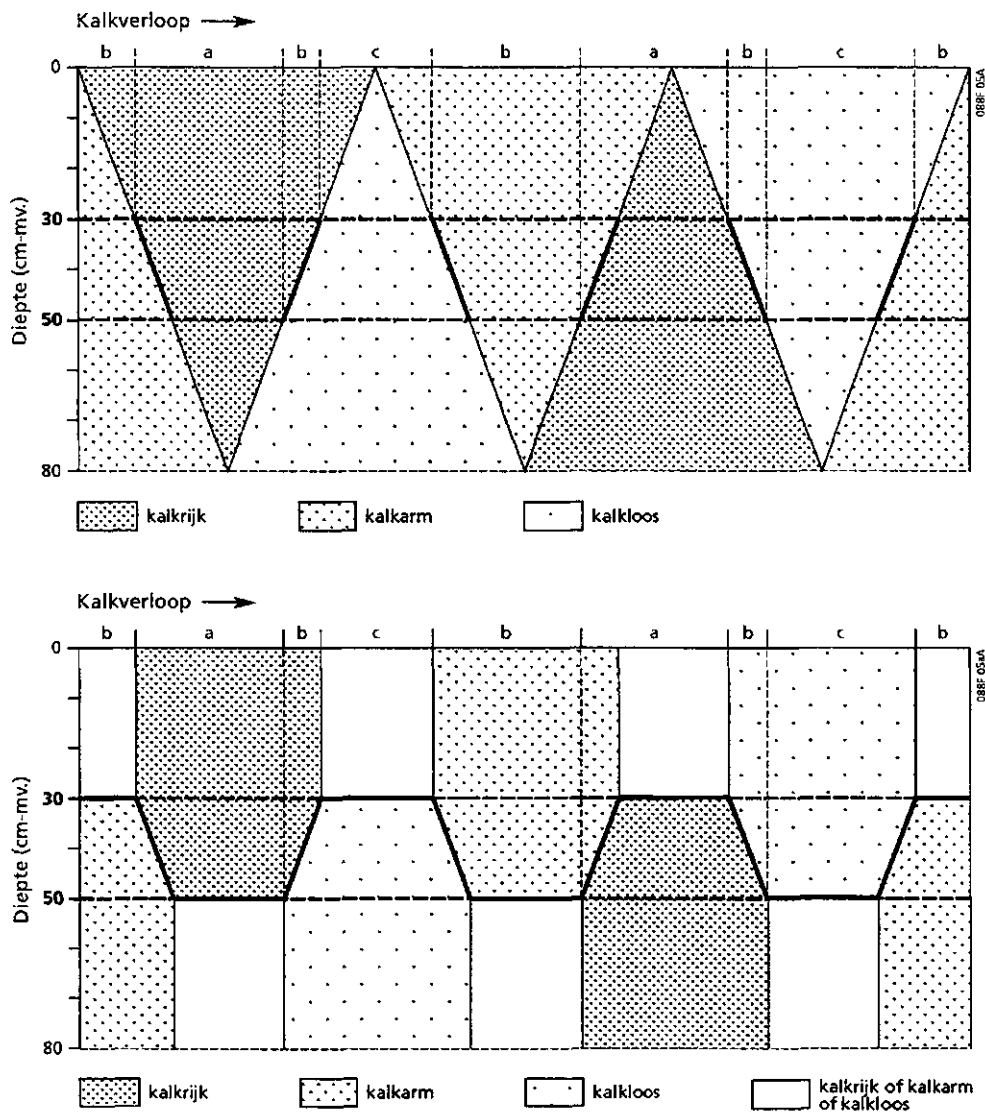


Fig. 1 Schematische voorstelling van de kalkverlopen in verband met het verloop van het koolzure-kalkgehalte

### 2.3.1 Veengronden (code V)

Veengronden hebben 40 cm of meer moerig materiaal binnen 80 cm - mv. Ze worden onderverdeeld naar het al of niet voorkomen van een moerige eerdlaag of een veenkoloniaal dek in eerdveengronden, rauwveengronden en veengronden met een veenkoloniaal dek (tabel 9).

*Eerdveengronden* zijn gerijpte veengronden met een goed veraarde moerige eerdlaag. De veraarding kan eutroof zijn, meestal onder invloed van klei, stalmest of slootbagger; de moerige eerdlaag is dan *kleiig* (hV., hEV). Oligotrofe veraarding leidt tot *kleiarmede* moerige eedlagen (aV., aEV.). Deze bevatten vaak veel zand. Veengronden met een *dikke A* (.EV.) zijn meestal door baggeren opgehoogd.

*Rauwveengronden* zijn veengronden zonder een moerige eerdlaag. Rauwveengronden zonder minerale bovengrond zijn zeer slap (Vo) of redelijk tot goed gerijpt en dus stevig(er) (V.). Rauwveengronden met minerale bovengrond hebben een *zanddek* (zV.) dan wel een *zavel- of kleidek* (kV.). Dit laatste wordt onderverdeeld naar het voorkomen of ontbreken van een duidelijk donkere bovengrond (minerale eerdlaag). Veengronden met minerale eerdlaag (pV.) hebben een zavel- of kleidek met een zeer donkere, meestal humusrijke of zeer humeuze bovengrond van ten minste 15 cm dikte die binnen 40 cm gewoonlijk geleidelijk overgaat in moerig materiaal. Bij gronden zonder minerale eerdlaag (kV.) is de humushoudende bovengrond dunner dan 15 cm en/of minder donker. Het minerale materiaal eronder is gewoonlijk grijs en matig humeus of humusarm. Vaak is de overgang naar het veen (vrij) scherp.

Als het moerige materiaal doorgaat tot ten minste 120 cm - mv., wordt de *veensoort* onderscheiden, volgens tabel 3. Bepalend is de veensoort die binnen 80 cm - mv. overweegt (uitgezonderd in de veenkoloniën).

Begint binnen 120 cm - mv. een *minerale ondergrond* dan wordt de aard daarvan (zand, zavel of klei) aangegeven. Daarbij wordt ook nog onderscheid gemaakt naar het al dan niet voorkomen van een (humus)podzol-B in het zand. Een podzol-B gaat meestal samen met een oligotrofe veenontwikkeling (veenmos) erboven. De onderverdeling naar de samenstelling van de minerale ondergrond en de bodemvorming daarin is dan als volgt:

- zand zonder een humuspodzol-B (...z);
- zand met een humuspodzol-B (...p);
- zavel, klei of leem (...k).

Een aparte plaats nemen de *veengronden met een veenkoloniaal dek* (iV.) in. Ze hebben in principe een bezandingsdek, maar dit is op de ene plaats moerig, elders (vaak binnen één perceel) humusrijk of humeus. Ook de dikte ervan varieert, zelfs binnen één perceel, van circa 10 tot soms meer dan 20 à 25 cm. Om een veelheid van (niet-karteerbare) onderscheidingen en daarmee een serie gecompliceerde, samengestelde eenheden te vermijden, zijn eenheden met een ruimere omschrijving van het zanddek gemaakt. Door grote verschillen in verveningsdiepte en dikte van het teruggestorte veen (o.a. bolster) is een indeling naar dominerende veensoort bezwaarlijk. Daarom is hier de *diepste*, meestal niet vergraven *veensoort* bepalend. Veel percelen in het veenkoloniaal gebied zijn verbeterd door diepwoelen, vaak gepaard met selectief mengen van veen en zand.

Tabel 9 Indeling, benaming en codering van de veengronden (code V)

Aard van de bovengrond	Samenstelling en dikte van de bovengrond	
met moerige eerdlaag EERDVEENGRONDEN	kleiig (> 10% lutum op de grond) 15-30 cm dik 30-50 cm dik KOOPVEENGRONDEN	thV. chV.
	kleiig (> 10% lutum op de grond) > 50 cm dik AARVEENGRONDEN	hEV
	kleiarm (< 10% lutum op de grond) 15-30 cm dik 30-50 cm dik MADEVEENGRONDEN	taV. caV.
	kleiarm (< 10% lutum op de grond) > 50 cm dik BOVEENGRONDEN	aEV.
zonder moerige eerdlaag RAUWVEENGRONDEN	met niet-gerijpt materiaal binnen 20 cm - mv. met niet-gerijpt materiaal vanaf maaiveld VLIETVEENGRONDEN	Vo oVo
	met zavel- of kleidek, waarin minerale eerdlaag of humusrijke bovengrond > 15 cm dik WEIDEVEENGRONDEN	pV.
	met zavel- of kleidek zonder minerale eerdlaag en/of humusrijke bovengrond < 15 cm dik WAARDVEENGRONDEN	kV.
	met een zanddek zonder minerale eerdlaag met een zanddek met minerale eerdlaag MEERVEENGRONDEN	zV. pzV.
	zonder zavel-, klei- of zanddek met een weinig of niet veraarde bovengrond VLIERVEENGRONDEN	V. vV.
met veenkoloniaal dek VEENGRONDEN	met humeus zanddek of moerige bovengrond 10-20 cm dik VEENGRONDEN met veenkoloniaal dek	iV.

### 2.3.2 Moerige gronden (code W)

Moerige gronden zijn *minerale* gronden met een moerige bovengrond of een moerige tussenlaag. Ze vormen de overgang van de veengronden naar de 'normale' minerale gronden.

De onderverdeling (tabel 10) geschiedt in de eerste plaats naar de textuur van de ondergrond en de bodemvorming daarin. Bij zandondergronden wordt onderscheid gemaakt naar het al dan niet voorkomen van een duidelijke humuspodzol-B (...z of ...p). Bij lutumrijke ondergronden wordt ingedeeld naar de rijping (Wo en Wg). De

moerige podzolgronden (.Wp) en de moerige (zand)eerdgronden (.Wz) zijn onderverdeeld naar de aard van de bovengrond. Voor gronden met een *veenkoloniaal dek* zijn aparte legenda-eenheden gemaakt (par. 2.3.1).

Tabel 10 Indeling, benaming en codering van de moerige gronden (code W)

Aard van de ondergrond	Aard van de bovengrond	
zand met duidelijke humuspodzol-B MOERIGE PODZOLGRONDEN .Wp	zavel- of kleidek	kWp
	zavel - of kleidek waarin minerale eerdlaag	pkWp
	zanddek waarin geen minerale eerdlaag	zWp
	zanddek waarin minerale eerdlaag	pzWp
	moerige bovengrond weinig of niet veraard	vWp
	kleiarne moerige bovengrond	aWp
	kleiig moerige bovengrond	hWp
veenkoloniaal dek	iWp	
zand zonder duidelijke humuspodzol-B MOERIGE EERDGRONDEN .Wz	zavel- of kleidek	kWz
	zavel- of kleidek waarin minerale eerdlaag	pkWz
	zanddek waarin geen minerale eerdlaag	zWz
	zanddek waarin minerale eerdlaag	pzWz
	moerige bovengrond weinig of niet veraard	vWz
	kleiarne moerige bovengrond	aWz
	kleiig moerige bovengrond	hWz
veenkoloniaal dek	iWz	
niet-gerijpte zavel of klei PLASEERDGRONDEN	geen indeling (meestal moerig)	Wo
gerijpte zavel of klei BROEKEERDGRONDEN	geen indeling (meestal moerig)	Wg

### 2.3.3 Podzolgronden (code Y en H)

Podzolgronden hebben een inspoelingslaag (B-horizont), waarin organische stof al dan niet samen met ijzer- en aluminiumverbindingen is opgehoopt. Ze zijn gebonden aan een klimaat waarin de neerslag de verdamping overtreft, waardoor in een deel van het jaar een neerwaartse waterstroming in de grond plaatsvindt. Daardoor worden stoffen uit de bovengrond opgelost en naar beneden verplaatst. Een deel spoelt geheel uit (o.a. kalk), een ander deel komt op geringe diepte weer tot afzetting, zoals de genoemde organische stof, en ijzer- en aluminiumverbindingen.

Wil een grond een podzolgrond worden genoemd, dan moet de B-horizont aan zekere eisen van kleur en dikte voldoen (*duidelijke* podzol-B-horizont). Gronden met een

duidelijke podzol-B zijn echter niet tot de podzolgronden gerekend als ze:

- een humushoudende bovengrond van 50 cm dikte of meer hebben. Ze worden dan dikke eerdgronden genoemd (par. 2.3.5);
- bedekt zijn met 40 cm of meer moerig materiaal, zavel of klei, dan wel zand. Ze behoren dan respectievelijk tot de veengronden (par. 2.3.1), de zeeklei- (par. 2.3.11) of rivierkleigronden (par. 2.3.12) of de kalkloze zandgronden (par. 2.3.6);
- een moerige bovengrond of tussenlaag hebben. Het zijn dan moerige gronden (par. 2.3.2).

Het moedermateriaal van de podzolgronden bestaat uit kalkloos zand met een gering gehalte verweerbare mineralen. De verschillen in mineralogische rijkdom zijn de oorzaak van de vorming van twee soorten podzolgronden (tabel 11): de moderpodzolgronden (Y) en de humuspodzolgronden (H).

*Moderpodzolgronden* vindt men in mineralogisch *rijke* zanden met diepe grondwaterstanden. Ze hebben een duidelijke podzol-B-horizont, waarvan de organische stof overwegend uit *moder* bestaat die intensief gemengd is met de minerale delen. Moder gaat steeds samen met de aanwezigheid van ijzer als huidjes op de zandkorrels en als fijn stof tussen de kwartskorrels. In moderpodzolgronden zijn de overgangen tussen de verschillende horizonten meestal zeer geleidelijk. Een uitgesproken loodzandlaag (E-horizont) ontbreekt vaak. Moderpodzolgronden worden onderverdeeld naar de dikte van de humushoudende bovengrond. De *matig dikke A* van de looppodzolgronden (cY..) is meestal ontstaan door ophoging met potstalmest. In de ondergrond van horstpodzolgronden (Y..b) komt een enkele centimeters dikke *banden-B* voor. Deze gronden vormen de overgang naar de brikgronden.

*Humuspodzolgronden* zijn ontstaan in *arm* moedermateriaal. De organische stof in de duidelijke podzol-B-horizont is *amorf* en ligt als huidjes op de zandkorrels en verbindt deze korrels door bruggetjes. Vaak zijn ook de poriën geheel of gedeeltelijk met amorfe humus gevuld. Humuspodzolgronden zijn onderverdeeld naar hydromorfe kenmerken. De gronden *zonder ijzerhuidjes* (Hn..) zijn gevormd onder (periodiek) sterke invloed van water. Daardoor ontstond een reducerend milieu, waarin het ijzer werd opgelost en afgevoerd. De ontijzerde C-horizont heeft daardoor een grauwe kleur. Door ontwatering hebben thans veel van deze gronden diepere grondwaterstanden dan overeenkomt met hun hydromorfe kenmerken. De grondwatertrap (Gt) geeft daarover uitsluitsel.

Soms is het moedermateriaal van nature ijzerarm, zoals in sommige 'witte' zanden. Afwezigheid van ijzer duidt daar niet op bodemvorming onder natte omstandigheden. Vaak hebben deze gronden wel een dun ijzerbandje onder de B-horizont; vandaar dat ze tot de haarpodzolgronden (Hd..) worden gerekend. Humuspodzolgronden met ijzerhuidjes (Hd..) zijn onder droge omstandigheden bij diepe grondwaterstanden gevormd. In de bovenste 5 à 10 cm van de B-horizont heeft meestal een sterke verrijking met amorfe humus plaatsgevonden, de zogenaamde Bhs-horizont. Daaronder treft men soms een zeer dun ijzerbandje (Bs) aan. Het zand van de C-horizont heeft een geelblonde kleur, wat wijst op de aanwezigheid van ijzerhuidjes op de zandkorrels. Vaak komt onder de A-horizont een grijze loodzandlaag (E-horizont) voor. Aan de onderzijde van de B-horizont en in de C-horizont treft men

dikwijls min of meer horizontaal verlopende bandjes van ingespoelde humus aan, de zogenaamde fibers. De horizonten van de humuspodzolgronden met ijzerhuidjes zijn vaak aan beide zijden scherp begrensd.

De onderverdeling van alle humuspodzolgronden berust op de dikte van de humushoudende bovengrond en op de textuur. De matig dikke A (cH..) is ontstaan door ophoging met potstalmest, soms door een zeer geleidelijke opstuiving met enigszins humushoudend materiaal.

Het *organische-stofgehalte* van de moderpodzolgronden (holtpodzolgronden) neemt naar beneden geleidelijk af. In de humuspodzolgronden, vooral in de haarpodzolgronden, komt een duidelijke top in de B-horizont voor met erboven een veel humusarmere laag, de E-horizont.

Het *ijzergehalte* van de holtpodzolgronden neemt vaak in de B-horizonten enigszins toe. In de haarpodzolgronden is de ophoping van ijzer en aluminium zeer uitgesproken. De E-horizonten zijn zeer arm aan beide metalen.

Tabel 11 Indeling, benaming en codering van de podzolgronden (code Y en H)

Aard van de humus in de duidelijke podzol-B	Hydromorfe kenmerken	Dikte van de humushoudende bovengrond	Voorkomen van een banden-B in de ondergrond
moder humus .Y. MODERPODZOLGRONDEN	niet van toepassing	dun: 0-30 cm Y..	zonder banden-B Y.. HOLTPODZOLGRONDEN
		matig dik: 30-50 cm cY..	met banden-B Y..b HORSTPODZOLGRONDEN
		LOOPODZOLGRONDEN	geen indeling
amorf humus .H. HUMUSPODZOLGRONDEN	zonder ijzerhuidjes	dun: 0-30 cm Hn..	geen indeling
		VELDPODZOLGRONDEN	
	matig dik: 30-50 cm cHn..	geen indeling	
	LAARPODZOLGRONDEN		
met ijzerhuidjes	dun: 0-30 cm Hd..	geen indeling	
	HAARPODZOLGRONDEN		
	matig dik: 30-50 cm cHd..	geen indeling	
	KAMPPODZOLGRONDEN		

<sup>1</sup> Een zand-, zavel- of kleidek geven we bij de holtpodzolgronden, veldpodzolgronden en haarpodzolgronden met een toevoeging aan, respectievelijk z... voor een zanddek en k... voor een zavel- of kleidek

### 2.3.4 Brikgronden (code B)

Brikgronden hebben een inspoelingslaag van lutum en ijzer die binnen 80 cm - mv. moet beginnen en die aan verschillende andere eisen moet voldoen, de zogenaamde *briklaag*. Deze laag is ontstaan door kleiverplaatsing en komt voor in kalkloze lutumrijke afzettingen van ten minste laat-pleistocene ouderdom, namelijk oude rivierklei (Formatie van Kreftenheye) en löss (Formatie van Twente).

De brikgronden zijn onderverdeeld naar de aard van het moedermateriaal, de begindiepte van roest- en reductievlekken, en de plaats van de briklaag in het profiel (tabel 12).

Tabel 12 Indeling, benaming en codering van de brikgronden (code B)

Aard van het moedermateriaal	Hydromorfe kenmerken
eolisch LEEMBRIKGRONDEN BL..	met roest en grijze vlekken beginnend in de E- en B-horizont KUILBRIKGRONDEN BL.n.
	geen roest en grijze vlekken in de E-horizont, maar wel in de B-horizont DAALBRIKGRONDEN BL.h.
	met roest en grijze vlekken beginnend dieper dan de B-horizont RADEBRIKGRONDEN BL.d.
	met roest en grijze vlekken beginnend dieper dan de B-horizont en met een briklaag beginnend aan of direct onder het oppervlak BERGBRIKGRONDEN BL.b.
fluviaal OUDE- KLEIBRIKGRONDEN BK..	met roest en grijze vlekken in de E- en B-horizont KUILBRIKGRONDEN BK.n.
	geen roest en grijze vlekken in de E-horizont, maar wel in de B-horizont DAALBRIKGRONDEN BK.h.
	met roest en grijze vlekken beginnend dieper dan de B-horizont RADEBRIKGRONDEN BK.d.
ZANDBRIK- GRONDEN BZ..	met roest en grijze vlekken in de E- en B-horizont BEEMDBRIKGRONDEN BZ.n..
	geen roest en grijze vlekken in de E-horizont, maar wel in de B-horizont en met of zonder duidelijke moderpodzol-B DELBRIKGRONDEN BZh..
	met roest en grijze vlekken beginnend dieper dan de B-horizont en met of zonder duidelijke moderpodzol-B ROOIBRIKGRONDEN BZd..



### 2.3.5 Dikke eerdgronden (code EZ, EL en EK)

Dikke eerdgronden hebben een humushoudende minerale bovengrond van 50 cm dikte of meer, een zogenaamde *dikke A*. Deze horizont is ontstaan door menselijke activiteit, in veel gevallen ophoging met van elders aangevoerd materiaal, soms gepaard gaand met diepe grondbewerking. In een aantal gevallen moet alleen diepe grondbewerking als oorzaak worden beschouwd. De eerste onderverdeling (tabel 13) berust op de aard van het moedermateriaal, namelijk *zand* (enkeerdgronden, EZ..), *zavel of klei* (tuineerdgronden, EK..) dan wel *leem* (tuineerdgronden, EL..).

De *enkeerdgronden* worden naar de grondwatertrap (Gt) ingedeeld in lage (.EZg..) en hoge (.EZ.). Dit is gedaan omdat in deze gronden hydromorfe kenmerken moeilijk zijn vast te stellen. Een bezwaar daarvan is, dat wijziging van de Gt door ontwatering een verandering van de legenda-eenheid met zich kan brengen. Bij de hoge enkeleerdgronden wordt onderscheid gemaakt in *bruine* en *zwarte*. Behalve in kleur verschillen deze ook in humusgehalte en kwaliteit (C/N-verhouding) van de organische stof.

De meeste enkeleerdgronden zijn ontstaan door geleidelijke ophoging van een eenmaal ontgonnen grond met materiaal uit een potstal. Bij deze voormalige bemestingswijze maakte men gebruik van stalmest gemengd met strooisel en zand. Dit mengsel werd jaarlijks op een beperkte oppervlakte bouwland gebracht, waardoor het land geleidelijk werd opgehoogd. In Noord-Brabant, Oost-Gelderland en Twente zijn deze dekken soms meer dan 1 m dik. In Drenthe zijn ze het dunst en halen ze vaak geen 50 cm, zodat de oude bouwlanden daar dikwijls laarpodzolgronden zijn. In het noorden zijn de humusgehalten het hoogst (soms wel tot 10%). Het fosfaatgehalte is in het algemeen hoog (P-totaal > 100). Als stalstrooisel gebruikte men veel heideplaggen, maar ook bosstrooisel en plaggen uit de beekdalen. Algemeen wordt aangenomen dat de heideplaggen zwarte enkeleerdgronden hebben gegeven en de grasplaggen of het bosstrooisel bruine.

Een deel van de uitgestrekte, (zeer) diep humushoudende, bruine enkeleerdgronden in oostelijk Noord-Brabant en in Noord-Limburg is moeilijk te verklaren door uitsluitend ophoging aan te nemen. Diepe grondbewerking gepaard met enige ophoging via stalmest, ligt meer voor de hand.

Diep verwerkte en diep humushoudende gronden in de het bloembollengebied voldoen aan de eisen voor een dikke A. Ze zijn ontstaan door het diep ompspitten van de bollengrond (diepdelven). Een deel van deze gronden is kalkhoudend. Ze zijn afzonderlijk onderscheiden als EZ..A. De voorkomende oppervlakte is zeer klein. De overige enkeleerdgronden zijn kalkloos. De overgrote meerderheid ligt in het pleistocene zandgebied.

*Tuineerdgronden in leem* (EL..) zijn ontstaan door ophoging met humushoudende, zandige löss die via de potstal op het land is gebracht, juist als bij de enkeleerdgronden. Het materiaal is kalkloos.

Tuineerdgronden in zavel of klei (EK..) zijn opgehoogd met materiaal dat van elders is aangevoerd en/of ter plaatse uit de sloten is gebaggerd en over het land verspreid is (zoals in het Westland). In het kleigebied zijn het cultuurgronden van enkele oude bewoningsplaatsen.

Tabel 13 Indeling, benaming en codering van de dikke eerdgronden (code EZ, EL en EK)

Aard van het moedermateriaal	Ligging t.o.v. het grondwater	Kleur van de minerale eerdlaag	Dikte van de eerdlaag
kalkloos zand .Z.. ENKEERDGRONDEN	laag (Gt III en lager) .EZg.. LAGE ENKEERDGRONDEN	zwart zEZg.. LAGE ZWARTE ENKEERDGRONDEN	50-80 cm zEZg.. > 80 cm dzEZg..
		bruin bEZg.. LAGE BRUINE ENKEERDGRONDEN	50-80 cm bEZg.. > 80 cm dbEZg..
	hoog (Gt IV en hoger) .EZ.. ENKEERDGRONDEN	zwart zEZ.. ZWARTE ENKEERDGRONDEN	50-80 cm zEZ.. > 80 cm dzEZ..
		bruin bEZ.. BRUINE ENKEERDGRONDEN	50-80 cm bEZ.. > 80 cm dbEZ..
kalkhoudend zand EZ.. ENKEERDGRONDEN	geen indeling	geen indeling	50-80 cm EZ..A > 80 cm dEZ..A
leem EL. TUINEERDGRONDEN	geen indeling	geen indeling	50-80 cm EL. > 80 cm dEL.
zavel en klei EK.. TUINEERDGRONDEN	geen indeling	geen indeling	50-80 cm EK.. > 80 cm dEK..

### 2.3.6 Kalkloze zandgronden (code Z)

Kalkloze zandgronden bestaan binnen 80 cm - mv. voor minstens de helft uit kalkloos zand. Zandgronden met een moerige bovengrond of tussenlaag (par. 2.3.2), met een duidelijke podzol-B (par. 2.3.3) en met een dikke A (par. 2.3.5) zijn in andere hoofdklassen ondergebracht.

Er is onderscheid gemaakt (tabel 14) in gronden met een goed ontwikkelde donker gekleurde bovengrond (eerdgronden, .Z..) en gronden zonder deze minerale eerdlaag (vaaggronden, Z..).

Bij de *eerdgronden* zijn twee klassen met *hydromorfe kenmerken* (dus zonder ijzerhuidjes) onderscheiden. Deze verschillen in de aanwezigheid of de verdeling van de roest. Beekeerdgronden bevatten veel roest. Ze worden onder andere aangetroffen in beekdalen. Gooreerdgronden zijn roestarm. Ze zijn beperkt tot de bovenlopen van beekdalen; verder zijn het vaak gronden met een zwak ontwikkelde (humus)podzol-B. Bij de eerdgronden *met* ijzerhuidjes is de dikte van de A-horizont bepalend. Akkereerdgronden hebben een mestdek, kanteerdgronden niet.

Bij de *vaaggronden* zijn de gronden *zonder* ijzerhuidjes (Zn..) in het alluviale gebied meestal zeezand- en strandvlaktegronden (soms met zavel- of kleidek); in het pleistocene zandgebied zijn het lage gronden met een te dunne of te weinig humushoudende bovengrond. In vlakke beekdalen komen vaaggronden voor (moedermateriaal zand), waarin onder de bovengrond een beekeerdachtige ondergrond voorkomt (beekvaaggronden, Zg..). De vaaggronden *met* ijzerhuidjes zijn in tweeën gedeeld. De duinvaaggronden (Zd..) hebben (vrijwel) geen bodemvorming; voor verdere indeling zie vaaggronden / 'stuifzandgronden' (par. 2.3.7). Het zijn vooral jonge stuifzanden en kalkloze duinen. De vorstvaaggronden (Zb..) vertonen tot op enige diepte een verbruining die lijkt op een zwakke moderpodzol-B. Het zijn vaak wat oudere, mineralogisch rijkere (stuif)zanden, zoals sommige rivier- en kustduinen.

### 2.3.7 Vaaggronden / 'stuifzandgronden' (code Z)

'Stuifzandgronden' bestaan binnen 80 cm - mv. voor minstens de helft uit stuifzand. Binnen de hoofdklasse vaaggronden / 'stuifzandgronden' zitten alle gronden die door verstuiwing ontstaan zijn (tabel 15). Zowel de uitgestoven laagtes, waar het oorspronkelijke profiel verdwenen is, als opgestoven heuvels horen daarbij. Vooral voor de opgestoven en overstoven gronden geldt dat de stuifzanddikte sterk kan wisselen, waardoor deze terreinen veel reliëf vertonen. Door de geringe ouderdom van de afzettingen, waarin deze gronden voorkomen, is er nog geen of weinig bodemvorming opgetreden. Plaatselijk kan al wel een begin van podzolering te zien zijn in de vorm van een micropodzol.

*Afgestoven* 'stuifzandgronden' zijn ontstaan doordat het oorspronkelijke profiel of een deel ervan is weggestoven. Bij de *opgestoven* 'stuifzandgronden' is het oorspronkelijke profiel ook weggestoven. In een later stadium is op deze afgestoven grond weer een pakket stuifzand afgezet. Indien de verstuiwing niet ver doorgedaan is, kan plaatselijk nog een deel van het oorspronkelijke profiel aanwezig zijn onder het stuifzandpakket (o.a. BC-horizont). De *overstoven* 'stuifzandgronden' zijn ontstaan door het overstuiven van het oorspronkelijke profiel met een stuifzandpakket van 40 tot 180 cm dikte of meer.

Tabel 14 Indeling, benaming en codering van de kalkloze zandgronden (code Z)

Aard van de bovengrond	Hydromorfe kenmerken	Kleur van de minerale eerdlaag	Dikte van de minerale eerdlaag
met minerale eerdlaag .Z.. EERDGRONDEN	zonder ijzerhuidjes bij bruine minerale eerdlaag: geen indeling naar roest; bij zwarte minerale eerdlaag: roest beginnend binnen 35 cm en doorgaand tot 120 cm of tot de Cr-horizont en hoogstens over 30 cm onderbroken BEEKEERDGRONDEN .Zg..	zwart .Zg.. ZWARTE BEEKEERD- GRONDEN  bruin .bZg.. BRUINE BEEKEERD- GRONDEN	15-30 cm tZg.. 30-50 cm cZg..  15-30 cm tbZg.. 30-50 cm cbZg..
	zonder ijzerhuidjes geen roest of roest beginnend op 35 cm of dieper, of roest beginnend ondieper dan 35 cm en over meer dan 30 cm onderbroken GOOREERDGRONDEN .Zn..	geen indeling	15-30 cm tZn.. 30-50 cm cZn..
	met ijzerhuidjes	geen indeling	15-30 cm tZd.. KANTEERD- GRONDEN  30-50 cm cZd.. AKKEREERD- GRONDEN
	zonder minerale eerdlaag Z.. VAAGGRONDEN	zonder ijzerhuidjes roest beginnend binnen 35 cm en doorgaand tot 120 cm of tot de Cr-horizont en hoogstens over 30 cm onderbroken BEEKVAAGGRONDEN Zg..	geen indeling
	zonder ijzerhuidjes VLAKVAAGGRONDEN Zn..	geen indeling	geen indeling
	met ijzerhuidjes; zonder bruine laag in de positie van een B-horizont DUINVAAGGRONDEN Zd..	geen indeling	geen indeling
	met ijzerhuidjes; met bruine laag in de positie van een B-horizont VORSTVAAGGRONDEN Zb..	geen indeling	geen indeling

Tabel 15 Indeling, benaming en codering van de vaaggronden/'stuifzandgronden' (code Z)

Aard van de bovengrond	Geogenese <sup>1</sup>	Organische-stofgehalte van het gehele stuifzandpakket <sup>2</sup>	Aard van de ondergrond <sup>3</sup>	Begindiepte van de ondergrond
zonder minerale eerdlaag .Z.. VAAGGRONDEN	afgestoven .Z..	geen indeling .Z..	geen indeling	geen indeling
	opgestoven .Z..	a aZ..	z aZ..z	40-100 cm aZ..z
				100-180 cm daZ..z
			m aZ..m	40-100 cm aZ..m
				100-180 cm daZ..m
			p aZ..p	40-100 cm aZ..p
				100-180 cm daZ..p
		v aZ..v	40-100 cm aZ..v	
			100-180 cm daZ..v	
		b bZ..	z bZ..z	40-100 cm bZ..z
				100-180 cm dbZ..z
			m bZ..m	40-100 cm bZ..m
				100-180 cm dbZ..m
			p bZ..p	40-100 cm bZ..p
				100-180 cm dbZ..p
		v bZ..v	40-100 cm bZ..v	
			100-180 cm dbZ..v	
		c cZ..	z cZ..z	40-100 cm cZ..z
				100-180 cm dcZ..z
	m cZ..m		40-100 cm cZ..m	
			100-180 cm dcZ..m	
	p cZ..p		40-100 cm cZ..p	
			100-180 cm dcZ..p	
	v cZ..v	40-100 cm cZ..v		
100-180 cm dcZ..v				
overstoven .Z..	a aZ..	geen indeling aZ..	>180 cm aZ..	
	b bZ..	bZ..	bZ..	
	c cZ..	cZ..	cZ..	

<sup>1</sup> afgestoven: bovenste deel van het oorspronkelijke profiel niet meer aanwezig; opgestoven: onder het stuifzandpakket (binnen 180 cm - mv.) nog het gehele of een herkenbaar deel van het oorspronkelijke profiel aanwezig; overstoven: stuifzandpakket van 180 cm of meer aanwezig.

<sup>2</sup> a: uiterst en zeer humusarm; b: zeer en matig humusarm; c: matig humusarm en matig humeus

<sup>3</sup> z: zand zonder duidelijke humuspodzol-B-horizont; p: zand met duidelijke humuspodzol-B-horizont; m: zand met duidelijke moderpodzol-B-horizont; v: veen.

De 'stuifzandgronden' worden ingedeeld naar:

- de geogenese:

- \* afgestoven: het bovenste deel van de oorspronkelijke bodem is door winderosie verdwenen; het resterende deel van de bodem kan bedekt zijn met een laag stuifzand van minder dan 40 cm dikte;
- \* opgestoven: het bovenste deel van de oorspronkelijke bodem is door winderosie verdwenen; het resterende deel van de bodem is later bedekt met een laag stuifzand van 40 cm dikte of meer;
- \* overstoven: de oorspronkelijke bodem is bedekt met een laag stuifzand van 40 cm dikte of meer;

- het organische-stofgehalte van het gehele stuifzandpakket (bij een dikte van 40 cm of meer):
  - \* uiterst en zeer humusarm (a...);
  - \* zeer en matig humusarm (b...);
  - \* matig humusarm en matig humeus (c...);
- de aard van de ondergrond:
  - \* z: zand zonder duidelijke humuspodzol-B-horizont (...z);
  - \* p: zand met duidelijke humuspodzol-B-horizont (...p);
  - \* m: zand met duidelijke moderpodzol-B-horizont (...m);
  - \* v: veen (...v);
  - \* onbekend (de oorspronkelijke ondergrond begint op 180 cm - mv. of dieper);
- de begindiepte van de ondergrond:
  - \* 40-100 cm - mv. (geen code);
  - \* 100-180 cm - mv. (d...);
  - \* 180 cm - mv. of meer (geen code).

### 2.3.8 Kalkhoudende zandgronden (code Z...A)

Kalkhoudende zandgronden bestaan binnen 80 cm - mv. voor de helft of meer uit zand, met uitzondering van kleiig uiterst fijn zand. In elk geval moet binnen 50 cm - mv. vrije koolzure kalk aanwezig zijn. Gewoonlijk zijn het geheel kalkrijke mariene gronden; sporadisch komen kalkhoudende rivierzandgronden voor. Gronden met een dikte A (par. 2.3.5) zijn van deze hoofdklasse uitgesloten.

Er is onderscheid gemaakt in gronden (tabel 16) *met* een goed ontwikkelde, donkere bovengrond (eerdgronden, .Z...A) en gronden *zonder* deze minerale eerdlaag (vaaggronden, Z...A).

De *eerdgronden* zijn beperkt tot de zeezanden zonder ijzerhuidjes die roestig zijn (beekerdgronden, .Zg..A). Lokaal kunnen ook gooreerdgronden voorkomen (.Zn..A). Het meest komen *vaaggronden* voor, zowel *met* als *zonder* hydromorfe kenmerken. De zeezandgronden hebben geen ijzerhuidjes op de zandkorrels (vlakvaaggronden, Zn..A), ook in beekdalen komen vaaggronden zonder ijzerhuidjes op de zandkorrels voor, waarin onder de bovengrond een beekerdachtige ondergrond voorkomt (beekvaaggronden, Zg..A). De duinzanden hebben wel ijzerhuidjes op de zandkorrels (duinvaaggronden, Zd..A). Op enkele plaatsen liggen in jonge rivierzanden verbruinde gronden met ijzerhuidjes op de zandkorrels (vorstvaaggronden, Zb..A).

De textuurindeling wijkt wat af van de grotendeels pleistocene, kalkloze zandgronden. Omdat de spreiding in de grofheid bij zee- en strandzand veel groter is dan bij dekzand, is de klasse 'fijn zand' verder onderverdeeld. Voor de uiterst fijne zanden geldt bovendien dat het lutumgehalte lager dan 5% moet zijn, ter onderscheiding van de bijzonder lutumarme gronden (par.2.3.9).

Tabel 16 Indeling, benaming en codering van de kalkhoudende zandgronden (code Z...A)

Aard van de bovengrond	Hydromorfe kenmerken	Dikte van de minerale eerdlaag
met minerale eerdlaag EERDGRONDEN .Z..	zonder ijzerhuidjes; roest beginnend binnen 35 cm en doorgaand tot 120 cm of tot de Cr-horizont .Zg.. BEEKEERDGRONDEN	15-30 cm tZg. 30-50 cm cZg.
	zonder ijzerhuidjes; geen roest of roest beginnend op 35 cm of dieper, of roest beginnend ondieper dan 35 cm en over meer dan 30 cm onderbroken .Zn.. GOOREERDGRONDEN	15-30 cm tZn.. 30-50 cm cZn..
zonder minerale eerdlaag VAAGGRONDEN Z..	zonder ijzerhuidjes; roest beginnend binnen 35 cm en doorgaand tot 120 cm of tot de Cr-horizont en hoogstens over 30 cm onderbroken Zg.. BEEKVAAGGRONDEN	< 15 cm Zg..
	zonder ijzerhuidjes Zn.. VLAKVAAGGRONDEN	geen indeling
	met ijzerhuidjes; zonder bruine laag in de positie van een B-horizont Zd.. DUINVAAGGRONDEN	geen indeling
	met ijzerhuidjes; met bruine laag in de positie van een B-horizont Zh.. VORSTVAAGGRONDEN	geen indeling

Voor een verdere indeling van de kalkhoudende zandgronden zie tabel 15

### 2.3.9 Kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden (code S...A)

Bijzonder lutumarme gronden zijn minerale gronden die binnen 80 cm - mv. voor de helft of meer uit kleiig (5-8% lutum), uiterst fijn (M50: 50-105 µm) zand bestaan. Tot nu toe zijn alleen kalkhoudende (kalkrijke) gronden aangetroffen zonder minerale eerdlaag en zonder ijzerhuidjes op de zandkorrels (tabel 17). Het zijn dus vlakvaaggronden (Sn...A).

In de Noordoostpolder staat het materiaal bekend als 'lichte zavel A'. De gronden worden apart onderscheiden als overgang tussen de lichte zavel en het zand. Vooral bodemfysisch zijn ze nauw aan de zeer lichte zavel verwant.

Tabel 17 Indeling, benaming en codering van de kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden (code S...A)

Aard van de bovengrond		Hydromorfe kenmerken	
zonder minerale eerdlaag VAAGGRONDEN	S..	zonder ijzerhuidjes VLAKVAAGGRONDEN	Sn..

### 2.3.10 Niet-gerijpte minerale gronden (code MO - zeeklei; RO - rivierklei)

Niet-gerijpte minerale gronden zijn zavel- en kleien die binnen 20 cm - mv. hoogstens bijna gerijpt of nog (veel) slapper zijn. Deze gronden moeten het rijpingsproces nog geheel of ten dele doormaken (par. 1.2.4).

De onderverdeling van de niet-gerijpte gronden berust op de mate van rijping in de bovengrond (tabel 18). Het onderscheid naar de begindiepte van het zand is van belang in verband met de inklinking. Als binnen 80 cm - mv. zand voorkomt, is de kans groot dat na rijping slechts zandgronden met een zavel- of kleidek (kZn..) overblijven. Niet-gerijpte rivierkleigronden (RO) komen als kaartvlakken weinig voor.

Tabel 18 Indeling, benaming en codering van de niet-gerijpte minerale gronden (code MO-zeeklei; RO-rivierklei)

Aard van het moedermateriaal		Rijpingstoestand van de bovenste 20 cm	
zeeklei VAAGGRONDEN	M..	geheel of bijna ongerijpt SLIKVAAGGRONDEN	MOo..
		half of bijna gerijpt GORSVAAGGRONDEN	MOo..
rivierklei VAAGGRONDEN	R..	geheel of bijna ongerijpt SLIKVAAGGRONDEN	ROo..
		half of bijna gerijpt GORSVAAGGRONDEN	ROo..

### 2.3.11 Zeekleigronden (code M)

Zeekleigronden zijn zavel- en kleigronden die onder invloed van getijdenbewegingen zijn afgezet. Uitgezonderd zijn niet-gerijpte gronden (par. 2.3.10), gronden met een moerige bovengrond of tussenlaag (par. 2.3.2) en gronden met een dikke A (par. 2.3.5).

De zeekleigronden (tabel 19) hebben het rijpingsproces geheel of grotendeels doorgemaakt. Het zijn in het algemeen stevige (gerijpte) gronden, hoogstens met een



niet-gerijpte ondergrond die binnen 80 cm - mv. begint. Veel zeekleigronden die tot de Afzetting van Calais behoren, hebben niet-gerijpte ondergronden (met minerale eerdlaag, .Mo..., zonder minerale eerdlaag, Mo...). Ook zijn de Afzettingen van Calais in het zoute en brakke getijdengebied onder de bovengrond meestal fijnzandiger.

Veel zeekleigronden zijn kalkrijk vanaf het oppervlak. Daarom is getracht de kalkrijke klasse zo zuiver mogelijk te houden. Voor toekenning van de term kalkrijk (...A) is daarom alleen oppervlakkige ontkalking toegestaan. De overige zeekleigronden worden ingedeeld naar het kalkverloop.

Een betrekkelijk klein deel van de zeekleigronden heeft een duidelijke donkere bovengrond (minerale eerdlaag). Dit zijn de *eerdgronden*. De verdere onderverdeling hangt samen met de aard van de ondergrond, de textuur en deels met het kalkverloop. Gronden *zonder* hydromorfe kenmerken zijn uitermate zeldzaam. De eerdgronden komen onder andere voor in de droogmakerijen. De donkere bovengrond is daar afkomstig van de organische stof die is bezonken op de plasbodem (meermolm). Elders is de donkere bovengrond veelal een overblijfsel van een vroegere veenbedekking die door oxidatie vrijwel geheel is verdwenen.

Verreweg de meeste zeekleigronden zijn *vaaggronden*; daarvan nemen de poldervaaggronden de grootste oppervlakte in. Ze zijn naar het kalkverloop onderverdeeld in kalkrijk (Mn..A), kalkhoudend (Mn..B) en kalkloos (Mn..C). De laatste is nog verder onderverdeeld in normale kalkloze (Mn..C), knippige (gMn..C) en knipgronden (kMn..C). Dit onderscheid berust op de aanwezigheid en de mate van ontwikkeling van het knipverschijnsel. Het Friese woord knip wordt gebruikt om voor deze gronden kenmerkende eigenschappen aan te geven, zoals een grauwe vlekke kleur onder de bovengrond, een afwijkende verdeling en kleur van de roest en een wat labiele structuur. Deze kenmerken wijzen waarschijnlijk op een minder gunstige interne drainage, bij lichte gronden op een geringe onderlinge samenhang van de minerale delen. Vaak hebben gronden met knip(pige) kenmerken een lage Ca/Mg-verhouding van het adsorptiecomplex. Bij normale, gerijpte zeekleigronden ligt deze boven 12 à 15; bij knipgronden en knippige gronden is deze lager en vaak beneden 5. Er is geen verschil in kleimineralogische samenstelling.

Het onderscheid tussen knippige gronden (gMn..C) en knipgronden (kMn..C) hangt samen met de zwaarte, de structuur en de diepte van de ongunstige laag. Zware gronden zijn meestal *knip*; de lichtere en de gronden met kniplagen dieper in het profiel (knipgronden met een verjongingsdek) worden *knippig* genoemd.

Tabel 19 Indeling, benaming en codering van de zeekleigronden (code M)

Aard van de bovengrond	Hydromorfe kenmerken	Dikte van de minerale eerdlaag	Aard van de klei
met minerale eerdlaag .M.. EERDGRONDEN	moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm .Mv.. LIEDEERDGRONDEN	15-30 cm tMv.. 30-50 cm cMv..	geen indeling
	niet-gerijpte minerale ondergrond .Mo.. TOCHTEERDGRONDEN	15-30 cm tMo.. 30-50 cm cMo..	geen indeling
	roest- en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm .Mn..	15-30 cm tMn.. LEEKEERDGRONDEN 30-50 cm cMn.. WOUDEERDGRONDEN	geen indeling geen indeling
zonder minerale eerdlaag M.. VAAGGRONDEN	moerig materiaal beginnend tussen 40-80 cm Mv.. DRECHTVAAGGRONDEN	geen indeling	geen indeling
	niet-gerijpte minerale ondergrond Mo.. NESVAAGGRONDEN	geen indeling	geen indeling
	roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm Mn.. POLDERVAAGGRONDEN	geen indeling	normaal Mn.. knippig gMn.. knip kMn..
	geen roest en grijze vlekken binnen 50 cm Md.. OOIVAAGGRONDEN	geen indeling	geen indeling

### 2.3.12 Rivierkleigronden (code R)

Rivierkleigronden zijn gerijpte zavel- en kleigronden die door meanderende rivieren zijn afgezet (tabel 20). De oudste afzettingen dateren uit het Atlanticum. In de uiterwaarden gaat de sedimentatie nog voort. Ook zavel- en kleigronden in de beekdalen van het (dek)zandgebied worden aangegeven met de eenheden van de rivierkleigronden. Niet tot de rivierkleigronden worden gerekend:

- gronden met een moerige bovengrond of een moerige tussenlaag. Deze zijn ondergebracht in de hoofdklasse moerige gronden (par. 2.3.2);
- gronden met een dikke A. Deze behoren tot de dikke (klei)eerdgronden (par. 2.3.5).

Omdat de rivierklei in een volledig zoet milieu is afgezet, komt maar (zeer) weinig pyriet voor en is het gehalte aan omwisselbaar natrium aan het adsorptiecomplex zeer

laag in vergelijking met zeelei. De kleimineralogische samenstelling heeft een hoge kalifixatie tot gevolg. Zavels en lichte kleien hebben meestal (veel) 5% of meer deeltjes groter dan 150 µm. Ook is het zand duidelijk grover dan zeezand. Door dit 'zandige karakter' onderscheiden de rivierkleigronden zich van de zeelei. In het overgangsgebied naar de zeelei wordt dit verschil als criterium voor het onderscheid tussen rivierklei en 'zoete zeelei' gebruikt.

De *eerdgronden* (.R...) hebben een zeer donkere bovengrond (minerale eerdlaag) die meestal humeus of humusrijk is. Deze gronden komen vrijwel uitsluitend langs een deel van de Oude Rijn voor. Er is geen onderscheid naar kalkverloop, maar de meeste gronden zijn kalkloos.

De *vaaggronden* (R...) missen de minerale eerdlaag. Alle vaaggronden worden onderverdeeld naar het kalkverloop. Er zijn kalkrijke (...A), kalkhoudende (...B) en kalkloze (...C) gronden. Stroomruggen, oeverwallen en uiterwaarden worden vooral gekenmerkt door het voorkomen van ooivaaggronden (Rd...) en de lichte varianten van de poldervaaggronden (Rn...) met profielverlopen 2 en 5. Bij het Rijnsysteem zijn ze overwegend kalkrijk en kalkhoudend; die van de Maas tussen Roermond en Heerewaarden kalkloos. De komgronden bestaan voornamelijk uit kalkloze poldervaaggronden (Rn...); vooral in het westen van het rivierengebied komen veel kalkloze drechtvaaggronden (Rv...) voor.

Tabel 20 Indeling, benaming en codering van de rivierkleigronden (code R)

Aard van de bovengrond	Hydromorfe kenmerken	Dikte van de minerale eerdlaag
met minerale bovengrond EERDGRONDEN .R..	moerig materiaal beginnend tussen 40-80 cm LIEDEERDGRONDEN .Rv..	15-30 cm tRv.. 30-50 cm cRv..
	roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm .Rn..	15-30 cm tRn.. LEEKEERDGRONDEN 30-50 cm cRn.. WOUDEERDGRONDEN
zonder minerale eerdlaag VAAGGRONDEN R..	moerig materiaal beginnend tussen 40-80 cm DRECHTVAAGGRONDEN Rv..	geen indeling
	niet-gerijpte minerale ondergrond NESVAAGGRONDEN Ro..	geen indeling
	roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm POLDERVAAGGRONDEN Rn..	geen indeling
	geen roest en grijze vlekken binnen 50 cm OOIVAAGGRONDEN Rd..	geen indeling

### 2.3.13 Oude rivierkleigronden (code KR)

Oude rivierkleigronden zijn gerijpte zavel- en kleigronden met veelal binnen 80 cm - mv. grindrijk, grof zand dat behoort tot de Formatie van Kreftenheye. Het zijn overwegend pleistocene afzettingen van een verwilderd riviersysteem. Het afzettingsspatroon wordt gekenmerkt door talrijke zich vertakkende en weer samenkomende geulen. Het zand is in het Laat-glaciaal (Laat Weichselien) en Vroeg-Holoceen bedekt met een lutumrijke laag, de eigenlijke oude rivierklei. Een deel van de oude rivierklei is van holocene ouderdom. In dat geval is er sprake van hersedimentatie van elders geërodeerd materiaal.

Het onderscheid tussen oude en jonge rivierklei berust niet alleen op het verschil in sedimentatiepatroon en ouderdom. Er is ook een duidelijk verschil in kenmerken en eigenschappen, ondanks het feit dat beide afzettingen kleimineralogisch niet zijn te scheiden.:

- oude rivierklei heeft een kleiner zwel- en krimpvermogen, een wat lagere adsorptiecapaciteit en een geringer specifiek oppervlak dan jonge rivierklei;
- oude rivierklei die hoog boven het grondwater is afgezet, vertoont kleinspoeling, hoewel in veel gevallen niet voldoende om de gronden tot de brikgronden te rekenen;
- de kleur van de hooggelegen oude rivierklei is roder dan die van de jonge rivierklei;
- de roest in oude rivierkleigronden is geelbruin en oranje, in jonge meestal bruin tot roodbruin. Bovendien bevat oude rivierklei meer mangaanconcreties;
- in vergelijkbare hydrologische omstandigheden bevatten oude rivierkleigronden minder humus dan jonge;
- oude rivierkleigronden hebben een nauwere bewerkingmarge, een geringere structuurstabiliteit en zijn bij gelijke zwaarte lastiger te bewerken dan jonge. Ze zijn minder oogstzeker en moeilijk in het gebruik.

De indeling van de oude rivierkleigronden (tabel 21) berust op verschillen in de aard en zwaarte van de bovengrond. Profielverloop en kalkverloop worden niet onderscheiden. De gronden hebben meestal zand binnen 80 cm - mv. Alle gronden zijn kalkloos.

Tabel 21 Indeling, benaming en codering van de oude rivierkleigronden (code KR)

Aard van de bovengrond	Hydromorfe kenmerken	Dikte van de minerale eerdlaag
met minerale eerdlaag EERDGRONDEN	met roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm	15-30 cm LEEKEERD- GRONDEN  30-50 cm WOUDEERD- GRONDEN
zonder minerale eerdlaag VAAGGRONDEN	met roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm POLDERVAAGGRONDEN  geen roest en grijze vlekken binnen 50 cm OOIVAAGGRONDEN	geen indeling  geen indeling

De kalkcode C (= kalkloos) wordt bij de oude rivierkleigronden niet aangegeven.

### 2.3.14 Oude kleigronden (code K)

De belangrijkste oppervlakte bestaat uit gronden met zeer ondiepe keileem en in veel mindere mate met potklei (KX). De deklaag (meestal matig fijn dekzand of keizand) moet dunner zijn dan 40 cm. Keileem bestaat overwegend uit kalkloze zandige zavel; potklei is gewoonlijk (veel) zwaarder en bevat vaak enige koolzure kalk.

De andere oude kleiafzettingen die eveneens binnen 40 cm - mv. moeten beginnen, zijn zeer gevarieerd. De kleine oppervlakten in het oosten van het land bestaan uit oligocene, miocene en pliocene zeeklei en uit schelpenkalk (Trias). In Noord-Brabant komen opduikingen voor van een kalkloze afzetting uit de Formatie van Tegelen die in zwaarte varieert van zavel tot zware klei. Al deze oude kleien worden niet nader gedifferentieerd en aangegeven met de code KT. Verspreid zijn het ook door dun dekzand overdekte lösslagen.

Tabel 22 Indeling, benaming en codering van de oude kleigronden (code K)

Aard van de bovengrond en moedermateriaal	Hydromorfe kenmerken
met of zonder minerale eerdlaag; keileem of potklei KEILEEMGRONDEN	geen indeling
met of zonder minerale eerdlaag; tertiaire klei TERTIAIRE KLEIGRONDEN	geen indeling

De kalkcode C (= kalkloos) wordt bij de oude kleigronden niet aangegeven.

### 2.3.15 Leemgronden (code L)

Leemgronden bestaan binnen 80 cm - mv. voor de helft of meer uit eolisch materiaal met 50% leem of meer of 8% lutum of meer, waarin geen briklaag is ontwikkeld. Gronden met een moerige bovengrond (par. 2.3.2), een duidelijke (moder)podzol-B (par. 2.3.3) en een dikke A (par. 2.3.5) zijn uit deze hoofdklasse uitgesloten. Het zijn colluviale (=verspoelde) lössgronden. Er is geen indeling naar kalkverloop. Vrijwel alle gronden zijn kalkloos.

De leemgronden worden onderverdeeld naar de aard van de bovengrond en de begindiepte van roest- en/of reductievlekken. Een verdere onderverdeling vindt plaats op basis van landschappelijke ligging (tabel 23).

Tabel 23 Indeling, benaming en codering van de leemgronden (code L)

Aard van de bovengrond	Hydromorfe kenmerken	Aard van de afzetting, ligging in het terrein
met minerale eerd- laag pL.. EERDGRONDEN	met roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm pLn. LEEK-/WOUDEERDGRONDEN	in situ pLn. colluviaal, in dal pLnd.
zonder minerale eerdlaag L.. VAAGGRONDEN	met roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm Ln. POLDERVAAGGRONDEN	in situ Ln. colluviaal, in dal Lnd. colluviaal, in hellingvoet of uitspoelingswaaier Lnc. colluviaal, helling Lnh.
	met roest en grijze vlekken beginnend van 50 tot 80 cm Lh. OOIVAAGGRONDEN	in situ Lh. colluviaal, in dal Lhd. colluviaal, in hellingvoet of uitspoelingswaaier Lhc. colluviaal, helling Lhh.
	met roest en grijze vlekken beginnend vanaf 80 cm of dieper Ld. OOIVAAGGRONDEN	in situ Ld. colluviaal, in dal Ldd. colluviaal, in hellingvoet of uitspoelingswaaier Ldc. colluviaal, helling Ldh.

### 2.3.16 Mengelgronden (code M)

Mengelgronden vormen de overgang van de rivierkleigronden langs de IJssel naar de (dek)zandgronden. De complexiteit wordt veroorzaakt door het onregelmatige reliëf van de zandondergrond en de daarmee samenhangende verschillen in bedekking en/of vermenging van het zand met rivierklei (tabel 24). In hogere gedeelten heeft homogenisatie plaatsgevonden door de grote biologische activiteit, waardoor mengsels van zand en rivierklei zijn ontstaan. In de lagere delen is het zand meestal bedekt door kalkloze zware klei van wisselende dikte.

Tabel 24 Indeling, benaming en codering van de mengelgronden (code M)

Aard van de bovengrond	Hydromorfe kenmerken	Dikte van het mengeldek
met of zonder minerale eerdlaag .M. MENGELGRONDEN	geen indeling	dun: 20-30 cm M. matig dik: 30-50 cm cM. dik: $\geq$ 50 cm dM.

De kalkcode C (= kalkloos) wordt bij de mengelgronden niet aangegeven.

### 2.2.17 Overige gronden

In deze hoofdklasse zijn gronden ondergebracht die overwegend in Zuid-Limburg voorkomen (tabel 25). Ze hebben alle zeer oud moedermateriaal dat voor een klein deel dateert uit het Vroeg-Pleistoceen, maar overwegend in het Tertiair en Krijt is afgezet. De ouderdom van het moedermateriaal zegt echter niets over de bodems die er in zijn ontwikkeld. Zo zijn er gebieden waar uit kalksteen, dit zijn afzettingen uit het Krijt die 65 à 130 miljoen jaar oud zijn, zeer diepe sterk verarmde bodems zijn ontstaan (o.a. vuursteeneluvium, KS). Door erosie is op andere plaatsen soortgelijk moedermateriaal pas zeer recent aan het oppervlak komen te liggen, waardoor daar nauwelijks bodemvorming is opgetreden (ondiepe kalksteenverweringsklei, KM).

Een grote afwisseling op korte afstand is vooral geconstateerd in de gebieden met tertiaire, mariene afzettingen en met zeer oude, fluviatiele afzettingen. Rekening houdend met deze feiten en omdat deze zeer oude bodems in het Systeem van Bodemclassificatie voor Nederland (De Bakker en Schelling 1989) niet zijn onderscheiden, hebben we een indeling samengesteld die is gebaseerd:

- op verschillen in moedermateriaal;
- waar mogelijk, op verschillen in bodemvorming;
- waar mogelijk en zinvol, op verschillen in granulaire samenstelling.

De eenheden van de overige gronden zijn op basis van het moedermateriaal als volgt gegroepeerd:

- mariene afzettingen ouder dan het Pleistoceen (mineraal);
- fluviatiele afzettingen ouder dan Laat-Pleistoceen;
- kalksteenverweringsgronden.

Hoewel kalksteen strikt genomen een (organogene) mariene afzetting is, zijn de kalksteenverweringsgronden om hun bijzondere eigenschappen in een aparte groep onderscheiden en niet bij de (minerale) mariene afzettingen ouder dan het Pleistoceen ondergebracht.

Tabel 25 Indeling, benaming en codering van de overige gronden

Moedermateriaal	Textuur				Aard materiaal	Bodemvorming		
	fijn zand	fijn zand en zavel	zavel en klei	grind en grof zand		glaucouiet- klei	ondiepe kalksteen- verwerings- klei	kleef- aarde
mariene afzettingen ouder dan Pleistoceen	M.	MZz	MZk	MK	MA			
fluviatiele afzettingen ouder dan Laat- Pleistoceen	F.			FK	FG <sup>1</sup>			
Kalksteen	K.					KM	KK	KS

<sup>1</sup> Op oudere uitgaven van de grootschalige bodemkaarten zijn grindgronden (G1) onderscheiden.

### 2.3.18 Toevoegingen en vergravingen

#### **Toevoegingen**

Een aantal bodemkundige verschijnselen kan niet gebruikt worden als criterium bij de indeling van de gronden; het aantal bodemeenheden zal onnodig groot worden. Daarom worden deze verschijnselen in kaart gebracht in de vorm van toevoegingen. Toevoegingen geven extra informatie over de bodemeenheden.

De toevoegingen worden met een kleine letter in het rapport en met een kleine letter en/of signatuur op de kaart aangegeven.

Toevoegingen vóór de code hebben betrekking op de bovengrond; toevoegingen achter de code hebben betrekking op verschijnselen onder de bouwvoor en meestal vanaf 40 cm - mv.

#### **Vergravingen**

Met vergravingen zijn terreinen aangegeven die zijn verwerkt. De grond moet, beginnend van 20-40 cm diepte, over ten minste 20 cm heterogeen zijn, maar kan nog wel in een normale legenda-eenheid worden ondergebracht.



De vergravingen worden in het rapport met een hoofdletter achter de code en op de kaart met een schop-signatuur aangegeven.

Voor een gedetailleerde lijst met toevoegingen en vergravingen wordt verwezen naar Technisch Document 19A, hoofdstuk 22 (Ten Cate et al. 1995).

### **2.3.19 Overige onderscheidingen**

Overige onderscheidingen omvatten delen van een gebied die buiten het bodemgeografisch onderzoek zijn gehouden, zoals bebouwing, water, moeras, dijken, wegen en sterk opgehoogde terreinen.

Voor een gedetailleerde lijst met overige onderscheidingen wordt verwezen naar Technisch Document 19A, hoofdstuk 23 (Ten Cate et al. 1995).

## **2.4 Indeling van het grondwaterstandsverloop in grondwatertrappen**

De grondwaterstand op een bepaalde plaats varieert in de loop van een jaar. Doorgaans zal het niveau in de winter hoger zijn (neerslag groter dan verdamping) dan in de zomer (verdamping groter dan neerslag). Bovendien verschillen grondwaterstanden ook van jaar tot jaar op hetzelfde tijdstip (Van Heesen en Westerveld 1966). Het jaarlijks wisselend verloop van de grondwaterstand op een bepaalde plaats kan gekarakteriseerd worden door een gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand, gecombineerd met een gemiddeld laagste zomergrondwaterstand (GHG en GLG, par. 2.2.2).

De waarden die voor de GHG en de GLG worden gevonden, kunnen van plaats tot plaats vrij sterk variëren. Daarom is de klasse-indeling die op basis van de GHG en de GLG is ontworpen, betrekkelijk ruim van opzet (De Vries en Van Wallenburg 1990). Elk van deze klassen, de grondwatertrappen (Gt's), is door een GHG- en GLG-traject gedefinieerd (tabel 26).

Tabel 26 Indeling van de grondwatertrappen bij een boordiepte van maximaal 180 cm - mv., met kwalitatieve toevoegingen

Grondwater-trap (Gt)	Gemiddeld hoogste wintergrond-waterstand (GHG) in cm - mv.	Gemiddeld laagste zomergrond-waterstand (GLG) in cm - mv.	Kwantitatieve toevoegingen (sedert 1988)
Ia	< 25	< 50	w
Ic	≥ 25	< 50	
IIa	< 25	50-80	b, w
IIb	25-40	50-80	
IIc	≥ 40	50-80	
IIIa	< 25	80-120	b, w
IIIb	25-40	80-120	
IVu	40-80	80-120	b
IVc	≥ 80	80-120	
Vao	< 25	120-180	b, s, w
Vad	< 25	≥ 180	b, s, w
Vbo	25-40	120-180	
Vbd	25-40	≥ 180	s
Vlo	40-80	120-180	b
Vld	40-80	≥ 180	b, s
VIIo	80-140	120-180	b
VIIId	80-140	≥ 180	b, s
VIIIo	≥ 140	120-180	b
VIIIId	≥ 140	≥ 180	b

Met een letter voor de code kan een extra omschrijving van de grondwatertrap worden aangegeven bijvoorbeeld:

- b... buiten de hoofdwaterkering gelegen gronden en periodiek overstroomd;
- s... schijngrondwaterstanden, het niveau van de GHG wordt bepaald door periodiek optredende grondwaterstanden boven een slecht doorlatende laag, waaronder weer een onverzadigde zone voorkomt. Deze letter wordt alleen aangegeven bij gronden met een grondwaterfluctuatie (GLG-GHG) van 120 cm of meer;
- w... water boven maaiveld gedurende een aaneengesloten periode van meer dan 1 maand tijdens de winterperiode (alleen bij gronden gelegen binnen de hoofdwaterkering).

Met een letter achter de Gt-code is een gedetailleerdere aanduiding toegevoegd:

**voor de GHG:**

- ...a 0 - 25 cm - mv.;
- ...b 25 - 40 cm - mv.;
- ...u 40 - 80 cm - mv.;
- ...c 80 - 120 cm - mv.

**voor de GLG:**

- ...o 120 - 180 cm - mv.;
- ...d  $\geq 180$  cm - mv.

Wanneer aan een kaartvlak een bepaalde grondwatertrap is toegekend, wil dat zeggen dat de GHG en GLG van de gronden binnen dat vlak, afgezien van afwijkingen door onzuiverheden, zullen liggen binnen de grenzen die voor die bepaalde grondwatertrap gesteld zijn. Daarmee wordt dus informatie gegeven over de grondwaterstanden die er in de winter of zomer van een gemiddeld jaar mogen worden verwacht.

## 2.5 Opzet van de legenda

In de legenda's van de bodem- en grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10 000 of 1 : 25 000, worden de verschillen in bodemgesteldheid weergegeven in de vorm van:

- legenda-eenheden;
- toevoegingen en vergravingen;
- grondwatertrappen.

*Legenda-eenheden* bestaan voor ten minste 70% van hun oppervlakte uit gronden met een groot aantal overeenkomende kenmerken en eigenschappen. Iedere legenda-eenheid heeft een eigen code en wordt met een niet-onderbroken lijn omgrensd: de bodemgrens. Op de bodemkaart wordt hun verbreiding in kleur weergegeven.

*Toevoegingen en vergravingen* worden gebruikt om een bepaald profielkenmerk aan te geven dat over een gedeelte of over het gehele oppervlak van één of meer legenda-eenheden voorkomt. Ze worden omgrensd met een onderbroken lijn voorzover deze niet samenvalt met een bodemgrens.

*Grondwatertrappen* geven de gemiddelde fluctuatie van het grondwater weer. Ze worden in codes op de bodem- en grondwatertrappenkaart aangegeven. Op de grondwatertrappenkaart wordt de verbreiding in kleur weergegeven. Ze worden omgrensd met een niet-onderbroken lijn die op de bodemkaart een blauwe en op de grondwatertrappenkaart een zwarte kleur heeft.

Een combinatie van legenda-eenheid + eventuele toevoeging + grondwatertrap heet kaarteenheid.

**Voorbeeld:**

legenda-eenheid	cHn55
toevoeging	x
grondwatertrap	Vbd
kaarteenheid	cHn55/x-Vbd

Kaarteenheden vormen de beoordelingseenheid bij het vaststellen van de bodemgeschiktheid (hoofdstuk 3). Bij elke legenda-eenheid hoort ten minste één kaarteenheid,

maar afhankelijk van het aantal combinaties met grondwatertrappen en toevoegingen zullen er doorgaans meer kaarteenheden voorkomen.

Enkele, in hoofdzaak geografische, bijzonderheden worden op de bodem- en grondwatertrappenkaart vermeld als overige onderscheidingen. Deze onderscheidingen kunnen verdeeld worden in vlak-, lijn- en puntgegevens.

### 3 Bodemgeschiktheidsbeoordeling

*Onder de bodemgeschiktheid van de grond wordt verstaan de mate waarin de grond voldoet aan de eisen die er voor een bepaald bodemgebruik aan worden gesteld.*

Uit de gegevens over de bodemgesteldheid kan niet direct worden afgeleid welke geschiktheid de gronden hebben voor een bepaald bodemgebruik. De bodemkundige gegevens moeten geïnterpreteerd worden. Hiervoor wordt een systeem gebruikt dat landelijk wordt toegepast en waarvoor landelijke normen gelden (Ten Cate et al., TD19D, 1995).

#### 3.1 Interpretatieprocedure

Interpretatie van bodemkaarten wordt gedefinieerd als het doen van uitspraken of voorspellingen over het gedrag of de reactie van de grond bij een bepaalde behandeling of een bepaalde ingreep, en over de daaruit voortvloeiende geschiktheid van de grond voor een bepaalde gebruiksvorm. Met deze procedure wordt beoogd we waarnemingen over de bodemgesteldheid pasklaar te maken voor een bepaalde toepassing.

De basis voor de interpretatieprocedure (fig. 2) is de bodemkaart. Aan de hierop voorkomende kaarteenheden worden via de legenda en de bij de kaart behorende toelichting gegevens ontleend over bodemeigenschappen en/of kenmerken zoals organische-stofgehalte, textuur en grondwatertrap. Vervolgens worden deze kenmerken in doelgerichte combinaties bij elkaar gebracht tot zogenaamde beoordelingsfactoren. Het niveau of de grootte van een door een beoordelingsfactor aangeduid proces of gedragsaspect van de grond wordt meestal aangegeven met een waarderingscijfer, gradatie genoemd.

Voor elk bodemgebruik is het meestal een beperkt aantal beoordelingsfactoren dat de bodemgeschiktheid bepaalt. Een combinatie van gradaties van deze beoordelingsfactoren leidt via een *sleutel* tot een bepaalde bodemgeschiktheidsklasse. In tabel 27 worden voor bodemgebruiksvormen die in landinrichtingsprojecten voor beoordeling aan de orde zijn geweest, de beoordelingsfactoren gegeven. De bodemgeschiktheidsbeoordeling van gronden voor recreatief bodemgebruik is hier niet opgenomen. Daarvoor wordt verwezen naar Ten Cate et al., 1995 (TD19D).

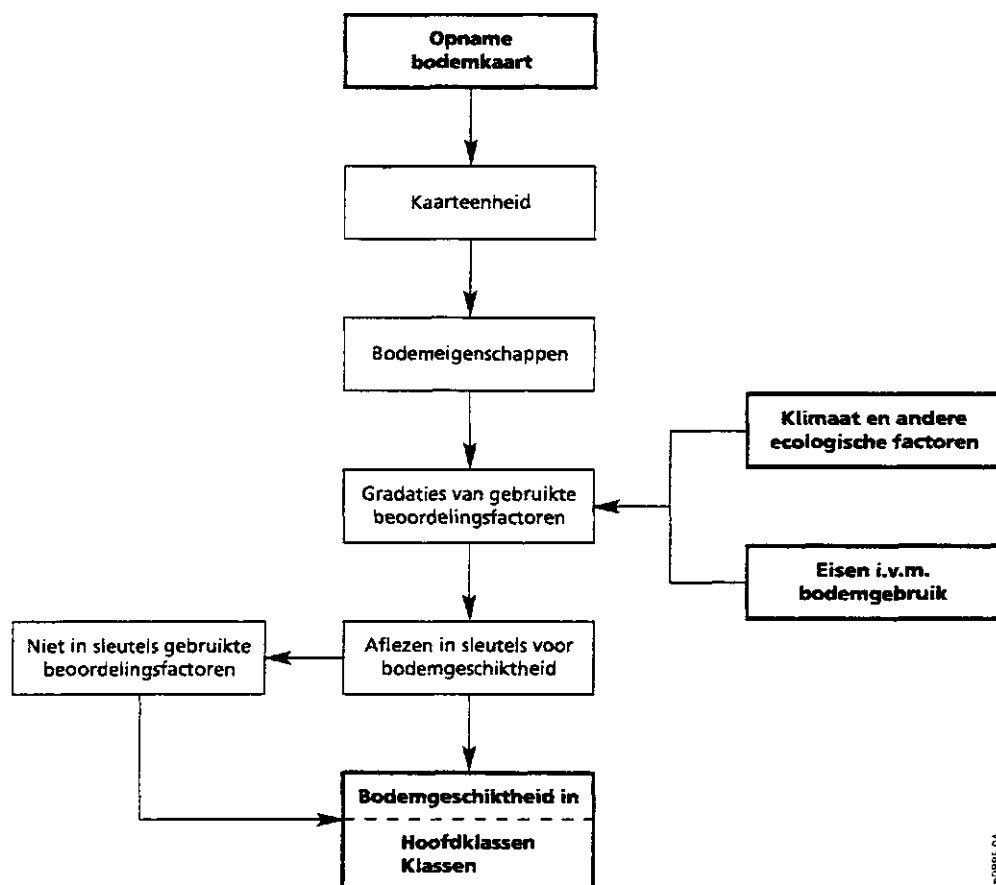


Fig. 2 Schema van de interpretatieprocedure

### 3.2 Beoordelingsfactoren

Beoordelingsfactoren vormen bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling de kern van de interpretatieprocedure.

*Een beoordelingsfactor is een met de grond samenhangende factor, waarmee een voor het bodemgebruik belangrijk proces, een gedragsaspect van de grond of een groeiplaatsomstandigheid, wordt gekarakteriseerd en het niveau ervan wordt beschreven (Haans red. 1979).*

Voorbeelden van beoordelingsfactoren zijn het vochtleverend vermogen en de stevigheid van de bovengrond (tabel 27). Een beoordelingsfactor berust op een combinatie van bodemeigenschappen. Zo wordt de beoordelingsfactor stevigheid van de bovengrond (die het gedrag van de grond karakteriseert bij het betreden en berijden) bepaald door eigenschappen als textuur, dichtheid en organische-stofgehalte van de bovengrond, en drukhoogte van het bodemvocht bij GHG en GVG na een periode met weinig neerslag. Soms worden er ook niet-bodemkundige factoren in betrokken, zoals bij de beoordelingsfactor vochtleverend vermogen, waarop niet alleen bodemkundige factoren, maar ook klimaatsfactoren (neerslag en verdamping) van invloed zijn.

Het niveau of de grootte van een door een beoordelingsfactor aangeduid proces of gedragsaspect van een grond wordt meestal aangegeven met een waarderingscijfer, *gradatie* genoemd. Er zijn beoordelingsfactoren met drie en met vijf gradaties, aangeduid met de cijfers 1 t/m 3 en 1 t/m 5. De lage cijfers geven een gunstige, de hoge cijfers een ongunstige omstandigheid aan. Een aantal beoordelingsfactoren zoals 'reliëf' en 'nachtvorstgevoeligheid' worden niet met gradaties aangegeven, maar met een + (plusteken) om aan te geven dat ze invloed hebben op de beoordeling.

In de paragrafen 3.2.1 t/m 3.2.16 wordt een korte toelichting op de afzonderlijke beoordelingsfactoren gegeven (voor uitvoeriger informatie wordt verwezen naar Ten Cate et al. 1995, TD19D).

Tabel 27 De beoordelingsfactoren en het bodemgebruik waarvoor ze worden toegepast

Beoordelingsfactor	Bodemgebruik								
	akker- bouw	weide- bouw	bos- bouw	tuin- bouw <sup>1</sup>	fruit- teelt	boom- teelt	akker- kwe- bouw	asperge- bouw	bloem- teelt <sup>3</sup>
bollen-							kerij	(v.g.t.) <sup>2</sup>	teelt
ontwateringstoestand	+	+	+	+	+	+	+	+	+
vochtleverend vermogen	+	+	+	+	+	+	+	+	+
stevigheid van de bovengrond	+	+	-	-	-	-	-	-	-
verkruijmelbaarheid	+	-	-	+	+	+	+	-	+
slempgevoeligheid	+	-	-	+	(+)	+	+	-	+
stuifgevoeligheid	+	-	-	(+)	-	+	(+)	(+)	-
voedingstoestand	-	-	+	-	-	-	-	-	-
zuurgraad	-	-	+	-	-	+	-	-	+
storing in de verticale waterbeweging	-	-	-	+	+	(+)	+	(+)	+
reliëf	(+)	(+)	-	(+)	(+)	(+)	(+)	-	(+)
bewortelbare diepte	-	-	-	-	(+)	-	+	+	-
samenstelling van de bovengrond	-	-	-	-	-	+	+	+	-
profielopbouw	-	-	-	-	-	-	-	-	+
dikte van de bovengrond	-	-	-	-	-	+	-	-	-
homogeniteit	-	-	-	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
overige beoordelingsfactoren:									
nachtvorstgevoeligheid	(+)	-	-	(+)	(+)	-	(+)	-	-
stenigheid	(+)	-	-	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+
erosiegevoeligheid	(+)	-	-	(+)	(+)	-	(+)	-	-
vroegheid	-	-	-	(+)	-	-	(+)	(+)	-

+ bij genoemd bodemgebruik altijd van toepassing

- bij genoemd bodemgebruik niet van toepassing

(+)bij genoemd bodemgebruik alleen van toepassing onder bijzondere omstandigheden

<sup>1</sup> tuinbouw onder glas en in de volle grond

<sup>2</sup> akkerbouwmatige vollegrondsgroenteteelt, inclusief wortelgewassen in zeeleigonden

<sup>3</sup> aspergeteelt in dekzandgebieden

### 3.2.1 Ontwateringstoestand

#### *Begripsomschrijving*

De ontwateringstoestand is niet alleen een aanduiding voor de ontwatering, maar ook voor de luchthuishouding van een grond. De ontwateringstoestand geeft daardoor ook informatie over de zuurstofvoorziening van plantewortels en over de wijzigingen die zich hierin in de loop van het jaar voordoen onder invloed van neerslag, verdamping en afvoer. Het gaat vooral om de bovenste 50 tot 100 cm van de grond waarin zich de meeste plantewortels bevinden en waarin zich het bodemleven afspeelt. De grondwaterstand bepaalt in belangrijke mate het lucht- (en water)gehalte van de grond in samenhang met de poriënfractie en de poriëngroottteverdeling. Daarom wordt voor deze beoordelingsfactor de gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand (GHG) als voornaamste maatstaf voor de indeling gebruikt.

#### *Gradaties*

Er zijn vijf gradaties in de ontwateringstoestand onderscheiden (tabel 28).

*Tabel 28 Gradatie in ontwateringstoestand als afhankelijke van de grondwatertrap*

Gradatie		Grondwatertrap (Gt)	GHG-referentie- waarde (cm - mv.)
code	benaming		
1	zeer diep	VIc, VIIo, VIId, VIIIo, VIId	≥ 80
2	vrij diep	IIc, IVu, VIo	40-80
3	matig diep	Ic, IIb, IIIb, Vbo, Vbd	25-40
4	vrij ondiep	IIa, IIIa, Vao, Vad, soms Ia	15-25
5	zeer ondiep	Ia soms IIa	< 15

### 3.2.2 Vochtleverend vermogen

#### *Begripsomschrijving*

Het vochtleverend vermogen van de grond duidt op de hoeveelheid vocht die een grond in een groeiseizoen van 150 dagen (1 april-1 september) en in een droog jaar (zgn. 10% droog jaar) aan de plantewortels kan leveren. Een 10% droog jaar is een jaar, waarvan aangenomen wordt dat de potentiële verdamping tijdens het groeiseizoen de neerslag met meer dan 200 mm overtreft. Deze situatie komt statistisch eens in de 10 jaar voor. De hiervoor benodigde gegevens zijn afkomstig van het KNMI-station De Bilt en gelden voor een fictief gewas (bij benadering gras).

*Tabel 29 Gemiddeld neerslagtekort (mm) vanaf 1 april in een groeiseizoen van 150 dagen in een 10% droog jaar (Buishand, 1982)*

Periode	Neerslagtekort
1 april-1 mei	20
1 april-1 juni	65
1 april-1 juli	115
1 april-1 augustus	165
1 april-1 september	200



Het vochtleverend vermogen van de grond is afhankelijk van:

- de aard en opbouw van het bodemprofiel; belangrijk zijn vooral de dikte, het vochthoudend vermogen van de wortelzone en het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond (kritieke z-afstand). In hoog boven het grondwater gelegen gronden wordt het vochtleverend vermogen voornamelijk bepaald door de hoeveelheid beschikbaar water in de wortelzone; het capillair aangevoerd water draagt weinig of niets bij aan het vochtleverend vermogen (hangwaterprofiel). In laaggelegen gronden is de vochtvoorziening vanuit het grondwater vrijwel onbeperkt (grondwaterprofiel). In gronden die tussen hoog en laag liggen, is het vochtleverend vermogen sterk afhankelijk van de aanvulling vanuit het grondwater, die weer afhankelijk is van het capillair geleidingsvermogen. De aanvulling is bij deze gronden slechts gedurende een deel van het groeiseizoen voldoende (tijdelijk grondwaterprofiel);
- het grondwaterstandsverloop; hiervan zijn vooral de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand in een 10% droog jaar (LG3) van betekenis. De GVG is de gemiddelde grondwaterstand op 1 april.

### **Gradaties**

Er worden vijf gradaties in vochtleverend vermogen onderscheiden (tabel 30). De millimeters vocht achter iedere gradatie duiden de orde van grootte van het vochtleverend vermogen aan.

*Tabel 30 Gradatie in vochtleverend vermogen als afhankelijke van de hoeveelheid vocht*

Gradatie		Hoeveelheid vocht (mm) in 10% droog jaar
code	benaming	
1	zeer groot	≥ 200
2	vrij groot	150-200
3	matig	100-150
4	vrij gering	50-150
5	zeer gering	< 750

### **3.2.3 Stevigheid van de bovengrond**

#### ***Begripsomschrijving***

De stevigheid van de bovengrond duidt op het weerstandsvermogen van een met gras begroeide bovengrond tegen betreden door vee en berijden met landbouwwerktuigen. Een voldoende stevigheid van de bovengrond is voor weidebouw van belang voor:

- het op het juiste tijdstip toedienen van de eerste stikstofgift;
- de lengte van de weideperiode;
- de planning van beweiding en voederwinning;
- de beweiding zelf: beweidingsverliezen door vertrapping en berijding kunnen worden vermeden;
- het regelmatig kunnen uitrijden van drijfmest waardoor de opslagcapaciteit kleiner kan zijn.

Bij akkerbouw geeft voldoende stevigheid van de bovengrond minder moeilijkheden bij grondbewerking en oogstwerkzaamheden.

Een maat voor de stevigheid van de bovengrond is de indringingsweerstand die met een penetrometer met conusoppervlakte van 5 cm<sup>2</sup> en een tophoek van 60° wordt gemeten (Van Wallenburg en Hamming 1985). Indringingsweerstand worden gemeten na een periode met droog weer en bij een grondwaterstand op ongeveer het niveau van de GHG (omstreeks februari - maart). Bij zwellende en krimpende gronden mogen deze metingen alleen worden uitgevoerd als de voorafgaande zomer en herfst niet extreem droog zijn geweest.

### **Gradaties**

Voor weidebouw worden vijf gradaties (tabel 31) en voor akkerbouw drie gradaties (tabel 32) onderscheiden.

*Tabel 31 Gradatie in stevigheid van de bovengrond voor weidebouw als afhankelijke van de indringingsweerstand (MPa) bij GHG en GVG, en de gevoeligheid<sup>1</sup> voor vertrapping bij beweiden en voor insporing bij berijden per seizoen*

Gradatie		Indringingsweerstand		Gevoeligheid			
code	benaming	GHG	GVG	winter	lente	zomer	herfst
1	zeer groot	≥ 0,6	≥ 0,6	1	0	0	0
2	vrij groot	> 0,3- 0,6	≥ 0,6	2	1	0	0
3	matig	> 0,3- 0,6	> 0,3-0,6	2	2	0	1
4	vrij gering	≤ 0,3	> 0,3	3	2	1	2
5	zeer gering	≤ 0,3	≤ 0,3	3	3	2/3	3

<sup>1</sup> 0 = niet; 1 = weinig of niet; 2 = matig; 3 = sterk gevoelig

*Tabel 32 Gradatie in stevigheid van de bovengrond voor akkerbouw als afhankelijke van de indringingsweerstand (MPa) bij GHG*

Gradatie		Indringingsweerstand
code	benaming	
1	zeer groot	≥ 0,6
2	vrij groot tot matig	0,3-0,6
3	gering	< 0,3

## **3.2.4 Verkrumelbaarheid**

### **Begripsomschrijving**

De verkrumelbaarheid geeft een aanduiding van het gemak waarmee de bouwvoor zich laat verkrumelen en van de breedte van het vochtgehaltetraject waarbinnen dit mogelijk is. Verkrumelbaarheid wordt hier beschouwd als een hoedanigheid van het bodemmateriaal zelf.

Gradaties in verkrumelbaarheid kunnen worden afgeleid uit textuur, organische-stofgehalte en koolzure kalk van de bouwvoor, zoals is aangegeven in tabel 32. Deze

tabel is afgeleid uit de tiendelige schaal voor bewerkbaarheid uit het waarderings-systeem van De Vries (1974) die ontleend is aan de resultaten van het onderzoek van Boekel (1972). Of een bouwvoor het voor verkruiemeling vereiste vochtgehalte bezit (in het voorjaar bij de grondbewerking en in het najaar bij het oogsten), hangt af van de ontwateringstoestand en van het weer in de voorafgaande periode.

### **Gradaties**

Er worden drie gradaties onderscheiden (tabel 33).

*Tabel 33 Gradatie in verkruiemelbaarheid als afhankelijke van de samenstelling van de bouwvoor*

Gradatie		Vochtgehalte- traject	Samenstelling van de bouwvoor		
code	benaming		textuur klasse	org.-stof (%)	koolzure kalk (%)
1	gemakkelijk	breed	-	moerig	-
			zand		
			zandige leem lichte zavel	-	-
					$\geq 0,5$
2	tamelijk gemakkelijk	betrekkelijk breed	zware zavel	$\geq 2$	$< 0,5$
				$< 2$	-
			lichte klei siltige leem	-	-
					$\geq 0,5$
3	moeilijk	nauw	zware klei	$\geq 5$	$< 0,5$
				$< 5$	-

### **3.2.5 Slempgevoeligheid**

#### **Begripsomschrijving**

De slempgevoeligheid duidt aan in hoeverre bodemaggregaten bestand zijn tegen:

- uiteenruiten in micro-aggregaten of afzonderlijke korrels onder invloed van de neerslag;
- vervloeien bij hoge vochtgehalten.

Door slemp wordt de aëratie van de grond ongunstig beïnvloed, waardoor de zuurstofvoorziening van de plantewortels in gevaar kan komen. Ook neemt de infiltratiecapaciteit en het waterbergend vermogen van de grond af. Een slemplaag of -korst heeft nadelen voor onder andere de akkerbouw en tuinbouw: de grond droogt in het voorjaar langzaam op, de zuurstofvoorziening van ingezaaide gewassen komt in het gedrang en vooral bij fijnzadige gewassen kan de kiem beschadigen.

Als alleen het bodemoppervlak verslemp, wordt gesproken van oppervlakkige slemp; bij opdrogen ontstaat dan een slempkorst. Zakt de gehele bouwvoor in elkaar, dan

wordt gesproken van interne slemp. Of slemp op een slempgevoelige grond werkelijk zal optreden, hangt onder meer af van de neerslag, de ontwateringstoestand en de begroeiing.

De gevoeligheid voor verslemping is een hoedanigheid van het bodemmateriaal zelf, die kan worden afgeleid uit het gehalte aan lutum, leem, organische stof en koolzure kalk van de bouwvoor. Deze factoren zijn dan ook gebruikt in tabel 34.

### **Gradaties**

De indeling is gebaseerd op het onderzoek van Albers (1980) en het waarderings-systeem van De Vries (1974). Op gronden met gradatie 1 treedt gemiddeld in minder dan 1 van de 10 jaren oppervlakkige en/of interne verslemping op. Op gronden met gradatie 2 treedt in 1 tot 5 van de 10 jaren duidelijk oppervlakkige en weinig interne slemp op. Gronden met gradatie 3 zijn in meer dan 5 van de 10 jaren onderhevig aan sterke oppervlakkige en veelal ook aan interne slemp.

*Tabel 34 Gradatie in slempgevoeligheid als afhankelijke van de samenstelling van de bouwvoor*

Gradatie		Samenstelling van de bouwvoor		
code	benaming	textuurklasse*	org.-stof (%)	koolzure kalk (%)
1	gering	-	moerig	-
		leemarm zand klei	-	-
				≥ 0,5
2	matig	zware zavel	-	< 0,5
		siltige leem	-	-
			≥ 3	-
3	groot	lichte zavel	< 3	≥ 0,5
				< 0,5
		zandige leem	-	-

\* Voor lemig zand zijn nog geen richtlijnen opgesteld; afhankelijk van de fijnheid van het zand en het lutumgehalte komt gradatie 2 of 3 voor.

### 3.2.6 Stuijgevoeligheid

#### *Begripsomschrijving*

De stuijgevoeligheid duidt op het risico van verstuiven van de (boven)grond. Verstuiven treedt vooral op in een droog voor- of najaar, wanneer de grond (gedeeltelijk) kaal is; de onderlinge binding van de gronddeeltjes van de bouwvoor

is dan te gering om de eroderende kracht van de wind te weerstaan als de bescherming door het gewas ontbreekt.

Verstuiven leidt tot afname van het organische-stofgehalte, de vochthoudendheid, de chemische bodemvruchtbaarheid en de biologische activiteit. Verder kunnen ziekten en onkruiden zich verbreiden, kiemende zaden en zelfs aardappelen blootstuiven, jonge plantjes onderstuiven of beschadigd worden en sloten plaatselijk dichtstuiven.

#### *Gradaties*

Een methode om de gevoeligheid voor verstuiven van de grond te meten ontbreekt. Vaststelling van de gradaties berust op ervaringskennis. Belangrijk zijn: korrelgrootte van het zand en vochtgehalte van de bovengrond. Verder spelen bodemeigenschappen als lutum-, leem- en organische-stofgehalte een rol. De indeling in gradaties is voornamelijk gebaseerd op het onderzoek van Booij (Bodemkaart 1978), Brussel (1980) en Zuur (1948). De gradaties gelden bij vlakke, open ligging.

Er worden drie gradaties onderscheiden (tabel 35).

*Tabel 35 Gradatie in stuijgevoeligheid als afhankelijke van lutum- en leemgehalte van de bouwvoor*

Gradatie		Samenstelling bouwvoor	
code	benaming	lutum (%)	leem (%)
1	gering	≥ 5	-
		3-5	≥ 17,5
		< 3	≥ 32,5
2	matig	3-5	< 17,5
		< 3	10 - 32,5
3	groot	<3	≥ 10

### 3.2.7 Voedingstoestand

#### **Begripsomschrijving**

De voedingstoestand duidt op de vruchtbaarheid (gehalte aan voor de boomgroei noodzakelijke voedingsstoffen) van een grond, die voorkomt wanneer deze grond ten minste de laatste 10-15 jaar met bos of met een half-natuurlijke vegetatie is begroeid en in die periode niet (meer) is bemest of bekalkt. De voedingstoestand wordt alleen gebruikt bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling voor bosbouw.

#### **Gradaties**

Er worden vijf gradaties onderscheiden (tabel 36).

*Tabel 36 Gradatie in voedingstoestand*

Gradatie	
code	benaming
1	zeer hoog
2	vrij hoog
3	matig
4	vrij laag
5	zeer laag

De voedingstoestand wordt niet rechtstreeks aan de grond waargenomen, maar afgeleid uit de bodem, het bodemgebruik en eventueel de spontane vegetatie. De procedure waarmee een gradatie voor de voedingstoestand wordt toegekend, staat uitvoerig beschreven in Technisch Document 19D (Ten Cate et al. 1995).

Bij de toekenning van de gradaties is onderscheid gemaakt tussen gronden die een agrarisch bodemgebruik hebben en gronden onder bos of in natuurterreinen.

### 3.2.8 Zuurgraad

#### **Begripsomschrijving**

De zuurgraad geeft een aanduiding over de zuurgraad in de bewortelbare zone van een grond die ten minste 10-15 jaar met bos of half-natuurlijke vegetatie is begroeid en in die periode niet (meer) is bekalkt of bemest. We gebruiken deze factor alleen voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling voor bosbouw.

De zuurgraad is van betekenis voor de groei van bomen. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat bij naaldboomsoorten (met uitzondering van *Pinus nigra*) op gronden met pH-KCl > 4,5 à 5 storingen in de voedingsstoffenhuishouding optreden die op den duur hun weerslag op de groei hebben. Op sterk zure gronden (pH-KCl < ca. 3,5) kan de groei van loofboomsoorten, vooral populier en es, ernstig worden belemmerd.

### **Gradaties**

In het algemeen kan gesteld worden dat kalkrijke gronden gradatie 1 hebben. Kalkloze (voor zover geen kattenklei) en kalkarme zeeklei- en rivierkleigronden en een deel van de beekerdgronden, leemgronden en oude kleigronden hebben gradatie 2. De overige gronden (de kalkloze pleistocene zandgronden en veel veengronden zonder zavel- of kleidek) hebben gradatie 3. Hoewel het niet is voorgeschreven, kan het nuttig zijn gronden met pH-KCl < 3,5 te signaleren

Er worden drie gradaties onderscheiden (tabel 37).

*Tabel 37 Gradatie in zuurgraad als afhankelijke van de pH(KCl)*

Gradatie		pH(KCl)
code	benaming	
1	neutraal	≥ 6,5
2	zwak zuur	4,5-6,5
3	sterk zuur	< 4,5

### **3.2.9 Storing in de verticale waterbeweging**

#### ***Begripsomschrijving***

Storing in de verticale waterbeweging wordt gebruikt als factor om gronden af te kunnen zonderen, waarvan de wateroverlast niet of niet uitsluitend door verlaging van de grondwaterstand kan worden opgeheven. Bij de bepaling van de gradatie van de ontwateringstoestand kunnen dan wateroverlast en tijdelijke schijngrondwaterspiegels ten gevolge van een slecht doorlatende laag buiten beschouwing blijven.

Deze beoordelingsfactor geeft een aanduiding voor:

- een langzame verticale waterbeweging door het profieldeel boven het niveau van de ontwateringsdiepte. Waterstagnatie bevordert bij vruchtbomen, met name appelbomen, het optreden van kanker (*Nectria galligena*);
- een trage capillaire aanvoer van water in en boven de storende laag bij grondwaterprofielen en tijdelijke grondwaterprofielen;
- een gebrekkig wortelstelsel door te grote dichtheid van de storende laag, waterstagnatie erboven en moeilijke bereikbaarheid eronder.

#### ***Gradaties***

Er worden gewoonlijk geen gradaties in deze beoordelingsfactor onderscheiden. Alleen bij die gronden, waar in de bovenste 80 cm van het profiel lagen voorkomen met een verzadigde doorlatendheid kleiner dan circa 1 cm per etmaal, kan dit in de beoordelingstabellen door toevoeging van een + (plusteken) worden aangegeven. Bij onderzoek voor grootschalige bodemkaarten kunnen voor specifieke gebruiksdoelen zonodig nadere indelingen gemaakt worden naar diepte, dikte en doorlatendheid van de lagen.

Bij de geschiktheid van gronden voor tuinbouw onder glas en in de vollegrond in geaccidenteerde gebieden (dekzand- en lössleemlandschappen) wordt een driedeling toegepast. De reden hiervoor is dat op zandgronden een lichte storing in de verticale waterbeweging al een belangrijk teeltrisico geeft, vooral voor kasteelten. De drie gradaties zijn:

- geen;
- + licht;
- ++ ernstig.

### **3.2.10 Reliëf**

#### ***Begripsomschrijving***

Onder reliëf worden verschillen in hoogteligging van het aardoppervlak verstaan. Er wordt onderscheid gemaakt tussen:

- micro-reliëf;
- meso-reliëf;
- macro-reliëf.

Bij micro-reliëf gaat het om geringe hoogteverschillen over horizontale afstanden van één tot enkele meters. De hoogteverschillen kunnen meestal door ploegen worden weggewerkt. Deze verschillen worden buiten beschouwing gelaten. Belangrijker zijn het meso-, en in mindere mate het macro-reliëf. Bij het meso-reliëf gaat het om hoogteverschillen van 75 à 250 cm over afstanden van enkele tientallen meters tot ten hoogste 100 m. Als de helling meer dan 2 à 3% bedraagt, wordt gesproken over macro-reliëf.

Het meso-reliëf is met name bij tuinbouw (in de volle grond en onder glas) in geaccidenteerde terreinen een niet te verwaarlozen factor (Ten Cate et al. 1995, TD19D).

#### ***Gradaties***

Er worden geen gradaties in reliëf onderscheiden. Bodemeenheden die een beperking hebben vanwege reliëf, zijn in de beoordelingstabel met een + (plusteken) aangegeven.

### **3.2.11 Bewortelbare diepte**

#### ***Begripsomschrijving***

De bewortelbare diepte is de diepte, tot waar het profiel beworteld kan worden. Voor groentegewassen, waarvan het waardevolle deel uit de verdikte wortel bestaat, evenals voor asperges, bepaalt deze beoordelingsfactor mede de geschiktheid.



### **Gradaties**

Er worden drie gradaties onderscheiden (tabel 38). Het aantal centimeters dat achter iedere gradatie is aangegeven, duidt de orde van grootte van de bewortelbare diepte vanaf maaiveld aan.

*Tabel 38 Gradatie in bewortelbare diepte als afhankelijke van het aantal centimeters vanaf maaiveld*

Gradatie		Bewortelbare diepte
code	benaming	
1	groot	≥ 70
2	matig	50-70
3	gering	< 50

### **3.2.12 Samenstelling van de bovengrond**

#### ***Begripsomschrijving***

Een rendabele teelt van wortelgewassen is alleen mogelijk op gronden, waarvan lange, gladde, regelmatig gevormde, verdikte wortels met dunne zijwortels geogst kunnen worden, zonder vertakkingen. Wortelgewassen stellen daarom hoge eisen aan de bovenlaag van de grond als groeimilieu.

Met behulp van de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen, storing in de verticale waterbeweging, slempgevoeligheid, bewortelbare diepte en verkruielbaarheid kunnen we de gronden met ruime mogelijkheden voor wortelgewassen onvoldoende afzonderen van de gronden met beperkingen. Dit geldt met name voor de zwaardere en humusrijkere varianten van de gronden, waarvoor de verkruielbaarheid geen beperking vormt. De zwaardere varianten drogen te hard op voor een goede vorm; de humusrijkere en moerige varianten doen afbreuk aan andere kwaliteitseisen. Daarom is de beoordelingsfactor 'samenstelling van de bovengrond' toegevoegd.

#### ***Gradaties***

Voor de vaststelling van de gradaties zijn de bij DLO-Staring Centrum gebruikelijke leem-, lutum- en humusklassen gebruikt (tabel 4, 5 en 6). De leemklasse 17,5-32,5 omvat voor de gradatie een te groot traject en is daarom in tweeën gedeeld. Met behulp van de profielbeschrijvingen is deze tweedeling bij de interpretatie door te voeren. Er worden vijf gradaties onderscheiden zowel voor vollegrondsgroenteteelt inclusief wortelgewassen in zeekleigebieden (tabel 39) als voor aspergeteelt in dekzandgebieden (tabel 40).

Tabel 39 Gradatie in samenstelling van de bovengrond als afhankelijke van het lutum- en leemgehalte en de organische-stofklasse voor vollegrondsgroenteteelt, inclusief wortelgewassen in zeeleigebieden

Gradatie		Gehalte in % aan		Organische-stofklasse
code	benaming	lutum (< 2 µm)	leem (< 50 µm)	
1	zeer ruim	0 - 8	0 - 17,5	humusarm en humeus
2	ruim	8 - 12	17,5 - 25	humeus
3	beperkt	12 - 17,5	25 - 32,5	humeus en humusrijk
4	zeer beperkt	17,5 - 25	32,5 - 50	humeus en humusrijk
5	gering	overige gronden	overige gronden	

Tabel 40 Gradatie in samenstelling van de bovengrond als afhankelijke van het leem- en lutumgehalte en de organische-stofklasse voor aspergeteelt in dekzandgebieden

Gradatie		Gehalte in % aan		Organische-stofklasse
code	benaming	leem (< 50 µm)	lutum (< 2 µm)	
1	zeer ruim	0 - 17,5	< 3	humusarm en humeus
2	ruim	17,5 - 25	< 5	humusarm en humeus
3	beperkt	25 - 32,5	< 8	humeus tot humusrijk
4	zeer beperkt	32,5 - 50	< 8	humeus tot humusrijk
5	gering	overige gronden	overige gronden	

### 3.2.13 Profielopbouw

#### *Begripsomschrijving*

Voor de bodemgeschiktheid voor meerjarige bloembollenteelt is de grondsoort, vooral die van de bovengrond, een belangrijke factor. De aard van de bovengrond heeft namelijk grote invloed op het aantal soorten bloembollen dat met succes kan worden geteeld, en daarmee op de vruchtwisselingsmogelijkheden. De beoordelingsfactor profielopbouw maakt het mogelijk gronden met een zandige, kleiige en moerige bovengrond van elkaar te scheiden.

#### *Gradaties*

Er worden vijf gradaties (tabel 41) voor de bloembollenteelt onderscheiden.

Tabel 41 Gradatie in profielopbouw

Code	Omschrijving
1	Zandgronden die tot dieper dan 120 cm - mv. bestaan uit zeer kleiarm en leemarm, matig fijn of grof zand
2	Zandgronden die vanaf het maaiveld bestaan uit zeer kleiarm en leemarm, matig fijn of grof zand met een storende tussenlaag of ondergrond die 3% lutum of meer en/of 10% leem of meer bevat en/of humusrijk of moerig is
3	Overige zandgronden zonder klei- of moerig dek
4	Overige gronden met een minerale bovengrond
5	Overige gronden met een moerige bovengrond

### **3.2.14 Dikte van de bovengrond**

#### ***Begripsomschrijving***

Voor de boomkwekerij is de dikte van de bovengrond (= humushoudend dek; A-horizont) van belang omdat bij de afvoer van kluitgoed tevens een hoeveelheid teelaarde wordt afgevoerd.

#### ***Gradatie***

Er is een tweedeling gemaakt in de dikte van de bovengrond: dikker en dunner dan 30 cm.

### **3.2.15 Homogeniteit**

#### ***Begripsomschrijving***

Homogeniteit van gronden is vooral van belang voor teelten onder glas en in de vollegrond waar beregening wordt toegepast. Als er over het oppervlak grote verschillen voorkomen in fysische en/of chemische eigenschappen is een efficiënte beregening niet mogelijk. Heterogeniteit kan zijn oorzaak vinden in grote verschillen in samenstelling van zowel boven- als ondergrond.

#### ***Gradaties***

Er worden geen gradaties in homogeniteit onderscheiden. De kaartenheden waarvan de homogeniteit van de ondergrond of de bovengrond een beperking vormt bij de beoordeling, zijn in de beoordelingstabel als volgt aangegeven:

- homogeniteit van de ondergrond: +;
- homogeniteit van de bovengrond: ++.

### **3.2.16 Overige beoordelingsfactoren**

Beoordelingsfactoren (nachtvorstgevoeligheid, stenigheid, erosiegevoeligheid en vroegheid) die niet in de sleutels zijn opgenomen en waarvoor beperkte richtlijnen bestaan, worden in deze subparagraaf in het kort besproken. Deze factoren kunnen de geschiktheid naar een wat lager niveau schuiven en daardoor soms van grote betekenis zijn bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling.

#### ***Nachtvorstgevoeligheid***

De nachtvorstgevoeligheid van een grond hangt af van de profielopbouw, de terreinvorm en het vochtgehalte van de bovengrond. De aard en dikte van de toplaag speelt een belangrijke rol. Bij gronden met veel organische stof in de bovengrond, speciaal bij moerige gronden en veengronden, is de kans op nachtvorstschade groot. Een droge toplaag van veen is het meest gevoelig voor nachtvorst. Naarmate de

genoemde gronden een dikker zanddek hebben, neemt de kans op schade door nachtvorst af. Bij een zelfde bodemopbouw en vochtgehalte zijn laagliggende gedeelten gevoeliger voor nachtvorst dan hogere. Er wordt onderscheid gemaakt in nachtvorstgevoeligheid als gevolg van de terreinvorm (laag deel) en als gevolg van de profielopbouw. Er worden geen gradaties onderscheiden. Komt nachtvorstgevoeligheid voor, dan wordt dit met een + (plusteken) aangegeven.

#### ***Stenigheid***

Over stenigheid van de grond wordt gesproken wanneer in de bovenste 20 à 30 cm diepte zoveel stenen voorkomen, dat grondbewerking en oogst (bijv. van aardappels) bemoeilijkt worden en machines snel verslijten, breuk vertonen of vaker vastlopen. Dat doet zich voor bij een aantal van meer dan circa 10 stenen (diameter > 6 cm) per m<sup>2</sup>. Er worden geen gradaties onderscheiden. Komt stenigheid voor, dan wordt dit met een + (plusteken) aangegeven.

#### ***Erosiegevoeligheid***

De beoordelingsfactor erosiegevoeligheid kent nog geen gradaties, is in ontwikkeling en kan nog niet gebruikt worden bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling. Als attenderingsfactor wordt de erosiegevoeligheid met een + (plusteken) aangegeven.

#### ***Vroegheid***

De beoordelingsfactor vroegheid kent nog geen gradaties, is in ontwikkeling en kan nog niet gebruikt worden bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling. Als attenderingsfactor wordt de vroegheid met een + (plusteken) aangegeven.

### **3.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie en randvoorwaarden voor diverse vormen van bodemgebruik**

Bij de bodemgeschiktheidsclassificatie worden de gronden gegroepeerd naar hun geschiktheid voor een bepaald bodemgebruik in een beperkt aantal geschiktheidsklassen. Elke vorm van bodemgebruik heeft een eigen bodemgeschiktheidsclassificatie. Deze bestaat uit drie hoofdklassen, die elk in een klein aantal, gewoonlijk twee tot vier, klassen worden onderverdeeld (tabel 42).

Tabel 42 Schema van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor de verschillende vormen van bodemgebruik

Hoofdklassen	Klassen
1 Gronden met ruime mogelijkheden	1.1
	1.2
	1.3
	enz.
2 Gronden met beperkte mogelijkheden	2.1
	2.2
	2.3
	enz.
3 Gronden met weinig mogelijkheden	3.1
	3.2
	3.3
	enz.

In de volgorde 1, 2 en 3 geven de hoofdklassen een afnemende geschiktheid aan. De volgorde binnen de klassen kan, maar hoeft geen volgorde in geschiktheid aan te geven. Een klasse kan onderverdeeld worden naar de aard van de beperking(en) van de grond en kan eventueel uitgebreid worden met een letter, bijv. 1.2n (n = verbetering van de ontwateringstoestand).

Of de met de bodemgeschiktheidsklasse aangegeven mogelijkheden voor het genoemde bodemgebruik ook werkelijk verwezenlijkt kunnen worden, hangt niet alleen van de bodemgesteldheid af. Factoren als landinrichtingssituatie, bedrijfsinrichting, bedrijfsvoering en graad van mechanisatie zijn mede van groot belang voor de te behalen resultaten. Deze aspecten worden niet beoordeeld. Er wordt bij de geschiktheidsbeoordeling verondersteld dat dergelijke technische, economische en sociale 'niet-bodemfactoren' aan bepaalde voorwaarden voldoen. Zij worden voor iedere vorm van bodemgebruik onder het hoofd 'randvoorwaarden' opgesomd. Voor de vaststelling van de geschiktheid is voor elke vorm van bodemgebruik één sleutel opgesteld die voor het gehele land geldig is.

#### ***Vaststellen van de bodemgeschiktheid***

Behalve de actuele geschiktheid, dat is de geschiktheid die geldt voor de *bestaande* bodemgesteldheid (afgeleid uit de gradaties van de beoordelingsfactoren), kan ook bepaald worden welke geschiktheid de gronden zullen hebben na bepaalde ingrepen, bijvoorbeeld verbeterde ontwatering. Als gevolg van zo'n ingreep zullen de gradaties van sommige beoordelingsfactoren veranderen en daarmee de geschiktheid. Er wordt dan gesproken van *geschiktheid voor (met naam genoemde gebruiksvorm) na (met naam genoemde ingreep)*, kortweg: *geschiktheid na ingreep*. De geschiktheidsclassificatie na ingreep geeft geen informatie over de kosten verbonden aan de ingreep, maar wel een antwoord op de vraag wat de geschiktheid zal zijn na de realisering van een nieuwe bodemkundige en hydrologische situatie.

Voor informatie over de sleutels en het gebruik ervan (voor de vaststelling van hoofdklassen en klassen) wordt verwezen naar Technisch Document 19D (Ten Cate et al. 1995).

### **3.3.1 Akkerbouw**

#### ***Randvoorwaarden***

De bodemgeschiktheidsclassificatie voor akkerbouw gaat uit van een zuiver akkerbouwbedrijf van ten minste 30 ha (150-190 standaardbedrijfseenheden, sbe), met een bouwplan van 40% of meer hakvruchten en verder granen. Voor zover geen gebruik wordt gemaakt van loon- of combinatiewerk is de mechanisatiegraad zodanig, dat met een minimum aan mankracht de werkzaamheden aan bodem en gewas kunnen worden uitgevoerd. Verkaveling en ontsluiting maken het mogelijk de gewassen in eenheden van grote oppervlakte te telen. De bodemvruchtbaarheid heeft het voor de bodemkundige situatie gewenste niveau en het bedrijf wordt goed geleid. Iedere kaarteenheid wordt beoordeeld alsof het gehele bedrijf uit grond van die eenheid bestaat.

#### ***Vaststelling van de bodemgeschiktheid***

De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- stevigheid van de bovengrond;
- verkruijmelbaarheid;
- slemp- of stuifgevoeligheid.

#### ***Bodemgeschiktheidsclassificatie***

In tabel 43 worden de hoofdklassen en klassen weergegeven die landelijk geldig zijn. In tabel 44 worden normen gegeven voor een 'hoog' opbrengstniveau.

Tabel 43 Bodemgeschiktheidsklassen voor akkerbouw

- 1 Gronden met ruime mogelijkheden**
- 1.1 Kleivruchtwisseling <sup>1</sup>; hoog opbrengstniveau <sup>3</sup>; weinig teeltrisico; goed berijdbaar en bewerkbaar
- 1.2 Kleivruchtwisseling <sup>1</sup>; matig tot hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele beperkt berijdbaar en bewerkbaar
- 1.3 Zandvruchtwisseling <sup>2</sup>; hoog opbrengstniveau <sup>3</sup>; weinig teeltrisico; goed berijdbaar en bewerkbaar
- 1.4 Zandvruchtwisseling <sup>2</sup>; matig tot hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele beperkt berijdbaar; goed bewerkbaar
- 2 Gronden met beperkte mogelijkheden**
- 2.1 Vrij groot teeltrisico; veelal beperkt berijdbaar
- 2.2 Vrij groot teeltrisico; beperkt bewerkbaar
- 2.3 Vrij groot teeltrisico; vochttekort
- 3 Gronden met weinig mogelijkheden**
- 3.1 Zeer groot teeltrisico; zeer beperkt bewerkbaar of berijdbaar
- 3.2 Zeer groot teeltrisico; groot vochttekort
- 3.3 Zeer groot teeltrisico; overstromingsgevaar

- <sup>1</sup> kleivruchtwisseling; met op klei-, zavel- en leemgronden gebruikelijke gewassen zoals wintertarwe, zomergranen, aardappelen, suikerbieten, peulvruchten en handelsgewassen
- <sup>2</sup> zandvruchtwisseling; met op moerige gronden en veengronden en zandgronden gebruikelijke gewassen: zomergranen, aardappelen, suikerbieten en maïs
- <sup>3</sup> zie tabel 44

Tabel 44 Normen voor 'hoog' opbrengstniveau ( $kg \cdot ha^{-1}$ )(PAGV, 1986)

Gewas	Vruchtwisseling	
	klei	zand
wintertarwe	> 8 000	> 6 500
zomertarwe	> 6 000	> 5 000
zomergerst	> 5 500	> 4 500
consumptie-aardappelen	> 45 000	> 40 000
suikerbieten	> 55 000	> 45 000
maïs (droge stof)		> 13 000

### 3.3.2 Weidebouw

#### **Randvoorwaarden**

De bodemgeschiktheidsclassificatie voor weidebouw gaat uit van een weidebedrijf, gericht op de melkveehouderij, met een oppervlakte van 20 ha of meer (150-190 standaardbedrijfseenheden, sbe) en een bezetting van circa 2,5 grootvee-eenheden (gve) per ha gras of per ha gras plus groenvoedergewassen (snijmaïs). Het vee wordt in grote koppels (enkele tientallen) geweid. Gedurende de weideperiode gaan deze koppels tweemaal daags naar de centrale melkstal. Drijfmest wordt uitgereden over het land op tijdstippen die voor de bedrijfsvoering en de grasgroei zo gunstig mogelijk zijn, waarbij rekening wordt gehouden met de periode waarvoor een uitrijverbod geldt. Er wordt stikstof in de vorm van kunstmest gegeven (100-400 kg N per ha). Voor de verzorging van het grasland, de winning van ruwvoer en het uitrijden van mest worden meestal zware werktuigen gebruikt. Verkaveling en

ontsluiting zijn zodanig, dat het mogelijk is verschillende beweidingsystemen toe te passen (Overvest en Laeven-Kloosterman, 1984). De bodemvruchtbaarheid heeft het voor de bodemkundige situatie gewenste niveau. Het bedrijf wordt goed geleid. Iedere kaartenheid wordt beoordeeld, alsof het gehele bedrijf uit grond van die eenheid bestaat.

### ***Vaststelling van de bodemgeschiktheid***

De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- de stevigheid van de bovengrond.

### ***Bodemgeschiktheidsclassificatie***

In tabel 45 worden de hoofdklassen en klassen weergegeven voor sommige grootschalige bodemkaarten. Dit betreft bodemkaarten waarbij vijf gradaties voor de stevigheid van de bovengrond zijn vastgesteld. Bij het gebruik van drie gradaties voor de stevigheid van de bovengrond wordt verwezen naar Technisch Document 19D (Ten Cate et al. 1995).

*Tabel 45 Bodemgeschiktheidsklassen voor weidebouw voor sommige grootschalige bodemkaarten*

#### **1 Gronden met ruime mogelijkheden**

- 1.1 Hoge bruto-productie; weinig beweidingsverliezen; ten dele beperkt berijdbaar in de winter
- 1.2 Hoge bruto-productie; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; beperkt berijdbaar in de winter en ten dele ook in het voorjaar
- 1.3 Hoge bruto-productie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; ten dele beperkt berijdbaar in de winter
- 1.4 Hoge bruto-productie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; enigszins beperkt berijdbaar in de winter en ten dele ook in het voorjaar

#### **2 Gronden met beperkte mogelijkheden**

- 2.1 Hoge bruto-productie; matige beweidingsverliezen; beperkt berijdbaar in de winter en overwegend ook in het voorjaar
- 2.2 Matige bruto-productie in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; ten dele beperkt berijdbaar in de winter
- 2.3 Matige bruto-productie in droge jaren; matige beweidingsverliezen; beperkt berijdbaar in de winter en overwegend ook in het voorjaar
- 2.4 Hoge bruto-productie; matige tot grote beweidingsverliezen; zeer beperkt berijdbaar in de winter en beperkt in het voorjaar

#### **3 Gronden met weinig mogelijkheden**

- 3.1 Matige of hoge bruto-productie; grote beweidingsverliezen; zeer beperkt berijdbaar
- 3.2 Lage of matige bruto-productie; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar



### 3.3.3 Bosbouw

#### *Randvoorwaarden*

De beoordeling van de geschiktheid van de gronden voor bosbouw geschiedt zeker in de laatste jaren in toenemende mate tegen de achtergrond van de meervoudige functies van het bos en de daaruit voortvloeiende doelstelling van de bosbouw. Naast de produktiefunctie onderscheiden we de recreatiefunctie en de natuurfunctie. Met de methodiekontwikkeling, gericht op geschiktheidsbeoordeling voor beide laatste aspecten, is tot nu toe veel minder ervaring opgedaan dan met die voor de produktiefunctie. Voorlopig wordt er vanuitgegaan dat het bos beter aan de meervoudige doelstelling beantwoordt, naarmate het sneller tot volle wasdom komt en de boomsoorten-samenstelling gevarieerder is. Volgens dit uitgangspunt wordt een grond voor bosbouw hoger aangeslagen, naarmate het aantal boomsoorten dat er op kan groeien groter en de groei van die bomen beter is. Waarschijnlijk wordt met deze benadering, die nog volledig aansluit op een produktiegericht beoordelingssysteem, meer recht gedaan aan de produktieve en recreatieve functie dan aan de natuurbehoudsfunctie.

De beoordeling geldt voor bos dat goed wordt beheerd en dat bestaat uit ongemengde gelijkjarige opstanden.

#### *Vaststelling van de bodemgeschiktheid*

De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- zuurgraad;
- voedingstoestand.

De geschiktheid wordt aangegeven naar de mate van groei van een aantal gidsboomsoorten. In tabel 46 wordt aangegeven wat onder goede, normale en slechte groei verstaan wordt. Deze tabel is opgesteld in nauw overleg met IBN-DLO en Staatsbosbeheer.

*Tabel 46 Gemiddelde aanwas bij goede, normale en slechte groei van gidsboomsoorten*

Boomsoorten	Gemiddelde aanwas ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ )		
	goede groei	normale groei	slechte groei
Populier (Robusta)	$\geq 17,0$	12,5- 17,0	$< 12,5$
Zomereik	$\geq 6,5$	3,5- 6,5	$< 3,5$
Beuk	$\geq 6,8$	3,4- 6,8	$< 3,4$
Grove den	$\geq 6,6$	4,2- 6,6	$< 4,2$
Douglasspar	$\geq 13,5$	8,8- 13,5	$< 8,8$
Japanse larix	$\geq 11,9$	7,2- 11,9	$< 7,2$
Fijnspar	$\geq 12,3$	7,6- 12,3	$< 7,6$

## **Bodemgeschiktheidsclassificatie**

In tabel 47 worden de hoofdklassen en klassen weergegeven die landelijk geldig zijn.

Tabel 47 Bodemgeschiktheidsklassen voor bosbouw

---

### **1 Gronden met ruime mogelijkheden**

(goede groei van ten minste 3 gidsboomsoorten<sup>1</sup>)

- 1.1 Goede groei van 6 à 7 gidsboomsoorten
- 1.2 Goede groei van 4 à 5 gidsboomsoorten
- 1.3 Goede groei van 3 gidsboomsoorten

### **2 Gronden met beperkte mogelijkheden**

(goede groei van ten hoogste 2 gidsboomsoorten of normale groei van ten minste 3 gidsboomsoorten)

- 2.1 Goede groei van 1 à 2 gidsboomsoorten
- 2.2 Normale groei van 5 à 7 gidsboomsoorten
- 2.3 Normale groei van 3 à 4 gidsboomsoorten

### **3 Gronden met weinig mogelijkheden**

(normale groei van ten hoogste 2 gidsboomsoorten)

- 3.1 Normale groei van 1 à 2 gidsboomsoorten
  - 3.2 Slechte groei van alle gidsboomsoorten
- 

<sup>1</sup> Gidsboomsoorten: Populier (Robusta), Zomereik, Beuk, Grove den, Douglasspar, Japanse larix en Fijnspar

## **3.3.4 Tuinbouw**

### **Randvoorwaarden**

De randvoorwaarden bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling voor tuinbouw onder glas en in de volle grond zijn:

- de bedrijven zijn modern ingericht van voldoende grootte en worden goed geleid;
- de percelen hebben een goede verkaveling en ontsluiting;
- de tuinbouw onder glas betreft grondgebonden teelten en geen substraatteelten;
- de bodemvruchtbaarheid heeft het voor de bodemkundige situatie gewenste niveau;
- iedere kaartenheid wordt beoordeeld, alsof het gehele bedrijf uit grond van die eenheid bestaat.

Afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse kan worden toegevoegd:

- voor beregening is voldoende geschikt oppervlaktewater en/of grondwater beschikbaar;
- de afvoer van water uit drainreeksen levert geen problemen op;
- de grond heeft een betere geschiktheid naarmate de vruchtwisselings-mogelijkheden groter zijn;
- de gronden zijn vrij van schadelijke bodemorganismen en stoffen die bodemziekten en bodemmoetheid kunnen veroorzaken;
- de te velde staande gewassen ondervinden weinig of geen schade van wild of vogels.

### ***Vaststelling van de bodemgeschiktheid***

De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gardaties voor de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- verkruimelbaarheid;
- slempgevoeligheid;
- storing in de verticale waterbeweging.

### ***Bodemgeschiktheidsclassificatie***

In tabel 48 worden de hoofdklassen en klassen weergegeven die landelijk geldig zijn.

*Tabel 48 Bodemgeschiktheidsklassen voor tuinbouw*

---

#### **1 Gronden met ruime mogelijkheden**

- 1.1 Weinig teeltrisico. Weinig of geen tekortkomingen. Vele vormen van tuinbouw kunnen op deze gronden met succes worden uitgeoefend.
- 1.2 Weinig teeltrisico voor enkele vormen van tuinbouw; voor de overige een matig teeltrisico door een minder goede bewerkbaarheid of slempgevoeligheid. Voor de teelt van pit- en steenvruchten is dit niet bezwaarlijk, voor vele andere vormen daarentegen wel.  
Gronden met een storing in de verticale waterbeweging behoren ook tot deze klasse.

#### **2 Gronden met beperkte mogelijkheden**

- 2.1 Matig teeltrisico door wateroverlast in natte jaren, enig vochttekort in droge jaren. Tot deze klasse behoren ook gronden met een storing in de verticale waterbeweging, slempgevoeligheid of een minder goede bewerkbaarheid.
- 2.2 Matig teeltrisico voor enkele vormen van tuinbouw; voor de overige vormen zeer groot teeltrisico. Tot deze klasse behoren ook gronden met meer dan een storing in de verticale waterbeweging, slempgevoeligheid of een minder goede bewerkbaarheid.

#### **3 Gronden met weinig mogelijkheden**

Zeer sterk beperkt door wateroverlast of een (groot) vochttekort.

---

### **3.3.5 Fruitteelt**

De bodemgeschiktheidsclassificatie voor fruitteelt betreft zowel de teelt van pit- en steenvruchten als van klein fruit, met uitzondering van aardbeien.

#### ***Randvoorwaarden***

Randvoorwaarden bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling zijn:

- de bedrijven zijn modern ingericht, van voldoende grootte en worden goed geleid;
- de percelen hebben een goede verkaveling en ontsluiting;
- de bodemvruchtbaarheid heeft het voor de bodemkundige situatie gewenste niveau;
- de grond heeft een betere geschiktheid naarmate de vruchtwisselings-mogelijkheden groter zijn;
- iedere kaartenheid wordt beoordeeld, alsof het gehele perceel uit grond van die eenheid bestaat.

Afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse kunnen we toevoegen:

- voor beregening is voldoende geschikt oppervlaktewater en/of grondwater beschikbaar;
- de afvoer van water uit drainreeksen levert geen problemen op;
- de gronden zijn vrij van schadelijke bodemorganismen en stoffen die bodemziekten en bodemmoetheid kunnen veroorzaken;
- de rijpende vruchten ondervinden weinig schade door vogels.

#### ***Vaststelling van de bodemgeschiktheid***

De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- verkruijmelbaarheid;
- storing in de verticale waterbeweging.

#### ***Bodemgeschiktheidsclassificatie***

In tabel 49 worden de hoofdklassen en klassen weergegeven die landelijk geldig zijn.

*Tabel 49 Bodemgeschiktheidsklassen voor fruitteelt*

---

<b>1 Gronden met ruime mogelijkheden</b>
1.1 Weinig teeltrisico; geen noemenswaardige tekortkomingen.
1.2 Enig teeltrisico; kans op groeivertraging. Geen noemenswaardige tekortkomingen.
<b>2 Gronden met beperkte mogelijkheden</b>
2.1 Matig teeltrisico; beperking t.a.v. de ontwateringstoestand.
2.2 Matig teeltrisico; beperking t.a.v. het vochtleverend vermogen.
2.3 Matig teeltrisico; grote kans op groeivertraging.
2.4 Matig teeltrisico; beperkingen t.a.v. ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen en/of verkruijmelbaarheid en/of storing in de verticale waterbeweging.
<b>3 Gronden met weinig mogelijkheden</b>
3.1 Zeer groot teeltrisico; sterke mate van wateroverlast.
3.2 Zeer groot teeltrisico; groot vochttekort.
3.3 Zeer groot teeltrisico; zeer beperkt t.a.v. ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen en/of storing in de verticale waterbeweging.

---

### **3.3.6 Boomkwekerij**

De bodemgeschiktheidsclassificatie voor boomkwekerij heeft betrekking op de geschiktheid van gronden voor de vermeerdering en het opkweken van hout-achtige gewassen, bestemd voor de verkoop.

### ***Randvoorwaarden***

Bij de interpretatie wordt uitgegaan van een modern uitgerust, goed geleid boomkwekerijbedrijf:

- met goede ontsluiting en verkaveling;
- met voldoende water van goede kwaliteit;
- met een uniforme bodemgesteldheid (we veronderstellen dat het fictieve bedrijf in zijn geheel op de te beoordelen eenheid ligt).

Bij de beoordeling wordt ervan uitgegaan dat de geschiktheid van een grond voor boomkwekerij groter is, naarmate de mogelijkheden voor een gevarieerd assortiment ruimer zijn en de tijd, waarbinnen een produkt geteeld kan worden, korter is.

### ***Vaststelling van de bodemgeschiktheid***

Bij de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor boomkwekerij volgens de gevestigde teeltmethode wordt aan het vochtleverend vermogen van het profiel groot gewicht toegekend. Hoewel een beregeningsinstallatie op het doorsnee boomkwekerijbedrijf tot de standaarduitrusting behoort, valt het effect van een kunstmatige beregening op de groei van een gewas soms tegen.

De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- verkruimelbaarheid;
- slempgevoeligheid;
- stuifgevoeligheid;
- zuurgraad;
- dikte van de bovengrond.

### ***Bodemgeschiktheidsclassificatie***

In tabel 50 zijn de hoofdklassen en klassen voor boomkwekerij weergegeven die landelijk geldig zijn.

Tabel 50 Bodemgeschiktheidsklassen voor boomkwekerij

**1 Gronden met ruime mogelijkheden**

- 1.1 Goed ontwaterd, groot vochtleverend vermogen en een goed bewerkbare bovengrond > 30 cm zonder vrije koolzure kalk (pH < 6,5).
- 1.2 Goed ontwaterd, groot vochtleverend vermogen en een goed bewerkbare bovengrond < 30 cm zonder vrije koolzure kalk (pH < 6,5).
- 1.3 Goed ontwaterd, groot vochtleverend vermogen en een goed bewerkbare bovengrond > 30 cm zonder vrije koolzure kalk (pH > 6,5).
- 1.4 Goed ontwaterd, groot vochtleverend vermogen en een goed bewerkbare bovengrond < 30 cm zonder vrije koolzure kalk (pH > 6,5).

**2 Gronden met beperkte mogelijkheden**

- 2.1 Bovengrond > 30 cm; matig teeltrisico door tekortkomingen in: of ontwatering of vochtleverantie, of slemp- of stuifgevoeligheid.
- 2.2 Bovengrond < 30 cm; matig teeltrisico door tekortkomingen in: of ontwatering of vochtleverantie, of slemp- of stuifgevoeligheid.
- 2.3 Bovengrond > 30 cm: matig teeltrisico als gevolg van tekortkomingen in èn vochtleverantie èn ontwatering of vochtleverantie en/of ontwatering in combinatie met slemp- of stuifgevoeligheid of een te hoge pH (pH-KCl > 6,5).
- 2.4 Bovengrond < 30 cm: matig teeltrisico als gevolg van tekortkomingen in èn vochtleverantie èn ontwatering of vochtleverantie en/of ontwatering in combinatie met slemp- of stuifgevoeligheid of een te hoge pH (pH-KCl > 6,5). Tot deze klasse rekenen we ook de goed bewerkbare kleigronden.

**3 Gronden met weinig mogelijkheden**

Dit zijn gronden met ernstige beperkingen t.a.v. de verkruielbaarheid al dan niet in combinatie met beperking in ontwateringstoestand en/of vochtleverend vermogen.

**3.3.7 Akkerbouwmatige vollegrondsgroenteteelt, inclusief wortelgewassen in zeekleigebieden**

Met akkerbouwmatige vollegrondsgroenteteelt wordt de teelt aangeduid van groentegewassen, waarvan de teelt en vooral de oogst sterk gemechaniseerd zijn. Hierdoor kunnen deze teelten ook in het bouwplan van akkerbouwers voorkomen. Tot de akkerbouwmatige groenteteelt worden gerekend spinazie, doperwtten, stamslabonen, tuinbonen, uien, prei, krotten, diverse koolsoorten en wortelgewassen. Onder wortelgewassen wordt verstaan groenten waarvan het waardevolle deel uit de verdikte wortel bestaat, de zogenaamde penwortel. Hiertoe behoren waspeen, winterwortelen, witlofpennen en schorseneren.

**Randvoorwaarden**

Randvoorwaarden bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling zijn:

- modern ingerichte, goed geleide bedrijven van voldoende grootte;
- percelen met een goede verkaveling en ontsluiting;
- bodemvruchtbaarheid heeft het voor de bodemkundige situatie gewenste niveau;
- iedere kaartenheid wordt beoordeeld alsof het gehele bedrijf uit grond van die eenheid bestaat.

Afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse kan worden toegevoegd:

- voldoende geschikt oppervlaktewater en/of grondwater is beschikbaar voor beregening;
- de afvoer van water uit drainreeksen levert geen problemen op;
- de grond heeft een betere geschiktheid naarmate de vruchtwisselings-mogelijkheden groter zijn;
- de gronden zijn vrij van schadelijke bodemorganismen en stoffen die bodemziekten en bodemmoetheid kunnen veroorzaken;
- de te velde staande gewassen ondervinden weinig of geen schade van wild of vogels.

#### ***Vaststelling van de bodemgeschiktheid***

De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- verkruimelbaarheid;
- slempgevoeligheid;
- storing in de verticale waterbeweging;
- bewortelbare diepte;
- samenstelling van de bovengrond.

#### ***Bodemgeschiktheidsclassificatie***

In tabel 51 worden de hoofdklassen, klassen en subklassen voor akkerbouwmatige vollegrondsgroenteteelt, inclusief wortelgewassen (waspeen, schorseneren, winterwortelen en witlofpennen) in zeekleigebieden weergegeven die landelijk geldig zijn.

*Tabel 51 Bodemgeschiktheidsklassen voor de akkerbouwmatige vollegrondsgroenteteelt, inclusief wortelgewassen in zeekleigebieden*

---

**1 Gronden met ruime mogelijkheden**

- 1.1 Weinig teeltrisico of geen tekortkomingen voor de meeste gewassen.
  - 1.1a Als klasse 1.1 doch met lichte beperkingen t.a.v. de zwaarte van de bovengrond en/of de bewortelingsdiepte voor waspeen en schorseneren.
  - 1.1b Als klasse 1.1 doch met beperkingen t.a.v. de zwaarte van de bovengrond en/of de bewortelingsdiepte voor waspeen, schorseneren, winterwortelen en witlofpennen.
- 1.2 Weinig teeltrisico voor enkele groentegewassen, voor de overige matig teeltrisico; lichte beperkingen t.a.v. de bewerkbaarheid of slempgevoeligheid of een storing in de verticale waterbeweging.
  - 1.2a Als klasse 1.2 doch tevens met lichte beperkingen voor waspeen en schorseneren.
  - 1.2b Als klasse 1.2 doch tevens met beperkingen voor waspeen, schorseneren, winterwortelen en witlofpennen.

**2 Gronden met beperkte mogelijkheden**

- 2.1 Matig teeltrisico, matige tekortkomingen t.a.v. de ontwaterings-toestand en/of het vochtleverend vermogen of storing in de verticale waterbeweging, gecombineerd met slempgevoeligheid of een minder goede bewerkbaarheid.
- 2.2 Matig teeltrisico voor enkele vormen van tuinbouw; voor de overige vormen ernstig teeltrisico. Met twee of meer tekortkomingen t.a.v. de ontwateringstoestand en/of het vochtleverend vermogen of storing in de verticale waterbeweging, gecombineerd met slemp-gevoeligheid of een minder goede bewerkbaarheid.

**3 Gronden met weinig mogelijkheden**

Zeer beperkt t.a.v. de ontwateringstoestand en/of het vochtleverend vermogen en/of de verkrumelbaarheid.

---

### **3.3.8 Aspergeteelt in dekzandgebieden**

#### ***Randvoorwaarden***

Randvoorwaarden bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling zijn:

- de gronden zijn vrij van schadelijke bodemorganismen en stoffen die bodemziekten en bodemmoehed kunnen veroorzaken;
- de bodemvruchtbaarheid heeft het voor de bodemkundige situatie gewenste niveau;
- voor beregening is voldoende geschikt oppervlaktewater en/of grondwater beschikbaar;
- de afvoer van water uit drainreeksen evenals grondwaterstandsverlaging in de omgeving levert geen problemen op;
- iedere kaartenheid wordt beoordeeld alsof het gehele perceel uit grond van die eenheid bestaat.

#### ***Vaststelling van de bodemgeschiktheid***

De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- bewortelbare diepte;
- samenstelling van de bovengrond.



### ***Bodemgeschiktheidsclassificatie***

In tabel 52 zijn de hoofdklassen en klassen voor de aspergeteelt weergegeven.

*Tabel 52 Bodemgeschiktheidsklassen voor aspergeteelt in dekzandgebieden*

#### **1 Gronden met ruime mogelijkheden**

- 1.1 Weinig teeltrisico
- 1.2 Enig teeltrisico

#### **2 Gronden met beperkte mogelijkheden**

- 2.1 Lichte bovengrond; matig teeltrisico
- 2.2 Te zware bovengrond; weinig teeltrisico
- 2.3 Te zware bovengrond; enig teeltrisico
- 2.4 Te zware bovengrond; matig teeltrisico

#### **3 Gronden met weinig mogelijkheden**

---

### **3.3.9 Bloembollenteelt**

#### ***Randvoorwaarden***

Randvoorwaarden bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling zijn:

- een modern intensief bloembollenbedrijf;
- het bedrijf wordt goed geleid;
- de bodemgesteldheid op het bedrijf is overal gelijk;
- de percelen hebben een goede verkaveling en ontsluiting;
- het planten en het rooien zijn verregaand gemechaniseerd;
- de grond heeft een betere geschiktheid naarmate meer soorten bloembollen en bijgoed met succes kunnen worden geteeld.

#### ***Vaststelling van de bodemgeschiktheid***

De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- verkruimelbaarheid;
- slempgevoeligheid;
- zuurgraad;
- storing in de verticale waterbeweging;
- profielopbouw.

### ***Bodemgeschiktheidsclassificatie***

In tabel 53 worden de hoofdklassen, klassen en subklassen weergegeven die landelijk geldig zijn.

Tabel 53 Bodemgeschiktheidsklassen voor continue of periodieke bloembollenteelt

---

**1 Gronden met ruime mogelijkheden**

- 1.1 Weinig teeltrisico voor continue bloembollenteelt met uitzondering van narcissen; goed te beheersen gunstige grondwaterstanden (kalkrijk, humus- en kleiarm duinzand tot > 120 cm - mv.).
- 1.2 Weinig teeltrisico voor continue bloembollenteelt met uitzondering van hyacinten; redelijk te beheersen gunstige grondwaterstanden (kalk-, klei- en leemarm matig fijn of matig grof zand tot > 120 cm - mv.).
- 1.3 Enig teeltrisico voor bloembollenteelt; enige tekortkomingen t.a.v. de water- en/of luchthuishouding.
  - 1.3.1 Bovendien extra teeltrisico voor narcissen.
  - 1.3.2 Bovendien extra teeltrisico voor hyacinten.
  - 1.3.3 Bovendien extra gevoeligheid voor te grote dichtheid van de wortelzone.
- 1.4 Enig teeltrisico door vochttekort en slechts periodieke mogelijkheden voor tulpenteelt en enkele bijgewassen, zoals gladiolen en bolirissen; hoog opbrengstniveau; niet gemakkelijk mechanisch rooibaar i.v.m. kluiten en huidbeschadiging (goede zavelgronden en recent gescheurde, zeer humeuze tot humusrijke zwaardere kleigronden).

**2 Gronden met beperkte mogelijkheden**

- 2.1 Matig teeltrisico voor continue bloembollenteelt met zeer ruime vruchtwisseling (matige tekortkomingen door wateroverlast en/of vochttekort).
- 2.2 Matig teeltrisico voor continue bloembollenteelt met ruime vruchtwisseling (matige tekortkomingen door wateroverlast en/of vochttekort).
- 2.3 Matig teeltrisico voor bloembollenteelt (matige tekortkomingen door wateroverlast en/of vochttekort, of de profielopbouw).
- 2.4 Matig teeltrisico voor periodieke tulpenteelt en enkele bijgewassen, zoals gladiolen en bolirissen (matige tekortkomingen door wateroverlast en/of vochttekort). Tot deze klasse behoren ook gronden met een storing in de verticale waterbeweging, slempgevoeligheid en wat te zware gronden.

**3 Gronden met weinig mogelijkheden**

Dit zijn gronden met ernstige beperkingen door wateroverlast en/of vochttekort, de verkrumelbaarheid of de profielopbouw met betrekking tot de kwaliteit van het geoogste produkt.

---

## **4 Digitale bestanden van bodemgeografisch onderzoek en het gebruikersprogramma BOPAK**

### **4.1 Aanmaak van digitale bestanden**

Bij het bodemgeografisch onderzoek wordt een veldcomputer (Husky Hunter) gebruikt om de gegevens van een boring direct digitaal op te slaan. De voorlopige grenzen van bodemtypen en grondwatertrappen, en de locaties van de boringen worden daarbij in het veld op veldkaarten ingeschetst. Op kantoor worden deze locatiegegevens naderhand in definitieve vorm op kaarten vastgelegd die vervolgens worden gedigitaliseerd tot ARC/INFO-bestanden.

De ARC/INFO-bestanden bevatten naast de topologische gegevens (lijnen en puntlocaties) beperkte informatie over de inhoud (INFO) bij de lijnen en punten. Deze informatie is beperkt tot een (koppel-)nummer, waarmee verbinding wordt gelegd naar informatie in (hierna te bespreken) BOPAK-ORACLE-tabellen van het BOPAK-datamodel.

De ARC/INFO-bestanden worden aangemaakt voor elk landinrichtingsgebied afzonderlijk. Aan deze bestanden wordt in de meeste gevallen een ARC/INFO-bestand van de topografische kaart van het landinrichtingsgebied gevoegd (DIGTOP). Aan elk bestand wordt het 'Centrale Registratienummer' (CR\_NR) van het landinrichtingsproject toegewezen.

Gelijktijdig met het definitief maken van de bodem- en grondwatertrappenkaart wordt een gegevensbestand opgebouwd met informatie over kaartenheden en met specifieke informatie over kaartvlakken. Hierbij worden de (gecontroleerde) bestanden van boorpuntgegevens uit de Husky Hunter intensief geraadpleegd. Tenslotte worden de bestanden met boorpuntgegevens en vlakgegevens doorgevoerd naar de definitieve opslag in ORACLE-tabellen van het BOPAK-datamodel.

Anders dan de ARC/INFO-bestanden die per landinrichtingsproject zijn opgebouwd, zijn de boorpunt- en vlakgegevens van elk landinrichtingsproject opgenomen in het integrale BOPAK-datasysteem. Dit houdt in dat gegevens van een nieuw landinrichtingsproject aan de bestaande tabellen worden toegevoegd. Omdat elk gegeven altijd voorzien is van het CR\_NR is het unieke voorkomen in het bestand gegarandeerd. Voor het gebruik in de praktijk komt het erop neer dat gegevens van een project gerubriceerd worden na opgave van het CR\_NR in BOPAK en dan met de ARC/INFO-bestanden beschikbaar zijn voor verwerking.

Een overzicht van het volledige BOPAK-ORACLE-datamodel staat in de gebruikershandleiding voor BOPAK versie 2.1 (Technisch Document 3, Stolp et al. 1995).

## **4.2 BOPAK**

Het programmapakket BOPAK (samenstelling uit BODemkundig PAKket) is een gezamenlijke ontwikkeling van DLO-Staring Centrum (SC-DLO) en de dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden (LBL). Sinds medio 1995 is BOPAK versie 2.1 beschikbaar. In deze paragraaf wordt een korte beschrijving gegeven van:

- definitie applicatie BOPAK;
- beschikbare informatie in BOPAK-datasysteem;
- mogelijkheden met BOPAK versie 2.1;
- omgeving voor het werken met BOPAK.

### **4.2.1 Applicatie BOPAK**

BOPAK is een computerprogramma, een applicatie, waarmee het mogelijk is de gegevens van het bodemgeografisch onderzoek in een landinrichtingsproject (de 'bodemkartering') in te zien, te selecteren, op te vragen en als kaart of overzicht te presenteren. Het principe is dat in de BOPAK-database de selectie wordt uitgevoerd, de gegevens vervolgens worden overgebracht naar de ARC/INFO-omgeving en gekoppeld worden aan de relevante topologische gegevens. De verdere afwerking tot tabellen of kaarten vindt plaats met ARC/INFO. De voor de hand liggende voorwaarde is dat de betreffende gegevens in BOPAK-bestanden zijn opgeslagen.

Aanhangsel 1 geeft een overzicht van de landinrichtingsprojecten met digitale bodemkundige informatie naar de toestand per 31 oktober 1995 met vermelding van het Centrale Registratienummer. Hierbij is ook een tabel aanwezig met nadere gegevens over de projecten zoals projectnaam, oppervlakte, schaal, tijdstip opname, enzovoort.

### **4.2.2 Beschikbare informatie in BOPAK**

In BOPAK-bestanden zijn basisgegevens en afgeleide gegevens beschikbaar over boorpunten, horizonten, kaartvlakken en kaarteenheden in tabellen. Elke tabel bevat elementen die een eigenschap of kenmerk voorstellen. De vier belangrijkste tabellen binnen BOPAK en de elementen die daartoe behoren, zijn opgenomen in aanhangsel 2. Hiermee is een overzicht beschikbaar van de elementen die de basisgegevens beschrijven

In diverse landinrichtingsprojecten is aanvullend op het bodemgeografisch onderzoek, ook opdracht verleend tot het uitvoeren van een bodemgeschiktheidsbeoordeling voor bepaalde vormen van bodemgebruik. Als dit gebeurd is volgens het WIB-classificatiesysteem, zijn de resultaten in de BOPAK-bestanden opgenomen. In de tabel bij aanhangsel 1 is aangegeven voor welke landinrichtingsprojecten bodemgeschiktheidsbeoordelingen zijn uitgevoerd.

Het is ook mogelijk om zogenaamde 'afgeleide gegevens' te gebruiken. Dit zijn gegevens zoals de begindiepte van de zandondergrond, de veendikte of de schattingswaarde van een kaarteenhed. Bij diverse landinrichtingsprojecten is standaard de begindiepte van de zandondergrond als afgeleid gegeven beschikbaar. De tabel bij aanhangsel 1 geeft hiervan een overzicht. Andere afgeleide gegevens zijn op verzoek toe te voegen.

Omdat van ieder boorpunt en kaartvlak de locatie/licging ook in BOPAK is opgenomen (ARC/INFO-bestanden), is het mogelijk om gegevens te presenteren op kaarten. De landinrichtingsprojecten waarvoor ook een digitale ondergrond (topografische gegevens) beschikbaar is, staan vermeld in de tabel van aanhangsel 1.

#### **4.2.3 Mogelijkheden met BOPAK versie 2.1**

##### ***Werken met deelgebieden***

BOPAK werkt met de BOPAK-bestanden van een landinrichtingsproject na opgave van het CR\_NR daarvan. Het is ook mogelijk om binnen een landinrichtingsproject deelgebieden aan te maken en daarmee te werken. In dat geval hebben selectie, verwerking en presentatie van gegevens alleen betrekking op het ingestelde deelgebied.

##### ***Bladeren, gegevens inzien***

Met de optie *bladeren* zijn gebiedseigen gegevens van het bodemgeografisch onderzoek in een landinrichtingsproject (de zgn. project-afhankelijke gegevens) via het scherm te raadplegen. Daarbij kunnen ook voorwaarden aan de selectie worden gesteld zodat alleen specifieke gegevens worden getoond. Het *bladeren* heeft betrekking op alle gegevens van het landinrichtingsproject. Ook wanneer is ingesteld op een deelgebied (en in feite slechts een deel van de gegevens relevant is) worden alle gegevens erin betrokken.

Met de optie *bladeren* zijn ook de project-onafhankelijke gegevens te raadplegen. De project-onafhankelijke gegevens bevatten achtergrondinformatie, zoals de omschrijving van afgeleide gegevens, de omschrijving van de bodemgebruiksvormen en beoordelingsfactoren voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling, alsmede de verklaring voor de codes van de geologische informatie, veensoort, enzovoort. Aanhangsel 2 van de 'Gebruikersdocumentatie BOPAK' geeft een overzicht van de tabellen met hun elementen (Technisch Document 3, Stolp et al. 1995).

##### ***Koppeling met BODEP***

BOPAK 2.1 is gekoppeld aan het programma BODEP, een programma waarmee opbrengstveranderingen als gevolg van wijzigingen in de grondwaterstand kunnen worden berekend. Daarbij wordt uitgegaan van de HELP-tabel. De koppeling houdt in dat BOPAK een invoerbestand voor BODEP aanlevert, met BODEP depressieberekeningen worden uitgevoerd, en de uitkomsten weer teruggaan naar BOPAK. Daarna zijn de resultaten van de BODEP-berekeningen met BOPAK te presenteren. Voor

uitgebreide informatie over BODEP wordt verwezen naar de 'Gebruikershandleiding BODEP' (LBL/H. Voet 1995). Vermeld moet worden dat de koppeling alleen wordt uitgevoerd voor deelgebieden.

### ***Standaardkaarten***

BOPAK 2.1 heeft opties voor verschillende standaardkaarten. Dit zijn voorgedefinieerde kaarten waarvan de aanmaak automatisch plaatsvindt. De kaartschaal daarbij is naar keuze 1 : 5 000, 1 : 10 000, 1 : 25 000 of 1 : 50 000. De volgende standaardkaarten zijn beschikbaar:

- Boorpunt : boornrs., Gt, GHG, GLG, bewortelbare diepte;
- Kaartvlak : vlaknrs., GHG, GLG, bewortelbare diepte, dikte humushoudende bovengrond;
- Kaartenheid : Gt, HELP-code, GHG, GLG, bewortelbare diepte, dikte humushoudende bovengrond, aard bovengrond, bodemtypen, kaartenheden;
- WIB-tabellen : geschiktheid, ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen, stevigheid bovengrond, verkruielbaarheid, slempgevoeligheid, stuifgevoeligheid, voedingstoestand, zuurgraad, storend verticale waterbeweging, nachtvorstgevoeligheid, hellingklasse, stenigheid, Gt na ingreep.

Uiteraard kan alleen een standaardkaart worden gemaakt als daarvoor ook de gegevens beschikbaar zijn. Met name de WIB-tabellen zijn niet in alle landinrichtingsprojecten ingevuld.

### ***Selecteren***

Met de optie *selecteren* zijn selecties uit te voeren op de beschikbare gegevens. Vanuit een bepaalde vraagstelling definieert de gebruiker zelf het te selecteren element en de voorwaarden voor de selectie. daarbij geldt dat iedere volgende voorwaarde het aantal geselecteerde items kleiner maakt. Dit komt doordat de voorwaarden aan elkaar gekoppeld zijn met een 'AND'-constructie. Als dit leidt tot een 'blanco' resultaat dan geeft BOPAK een melding. De geselecteerde gegevens zijn vervolgens te classificeren en te presenteren. Ook is het mogelijk een samenvattend overzicht van de geselecteerde gegevens te maken.

### ***Classificeren en wijzigen legenda***

Voor het classificeren zijn een aantal gegevens als standaardclassificaties beschikbaar (aanhangsel 3 en 4 van de 'Gebruikersdocumentatie BOPAK', Stolp et al. 1995). Daarbij wordt geclassificeerd volgens vòòrdefinieerde klassegrenzen. Ook kan worden gekozen voor vrije classificatie en beperkt vrije classificatie. Bij het classificeren kent BOPAK kleuren toe voor de presentatie als kleurenkaart. Het is mogelijk om deze kleurentoekenning naar eigen inzicht te wijzigen. Alleen wanneer de selectie geclassificeerd is, is het mogelijk een kaart in kleur te kiezen in de optie uitvoer.

### ***Uitvoer***

De uitvoer van BOPAK bestaat uit kaarten, coverages en/of overzichten. *Kaarten* geven de geselecteerde gegevens grafisch weer. Een met BOPAK aangemaakte kaart is op het beeldscherm te bekijken en/of op een raster- of penplotter uit te draaien. Bij *coverages* worden de geselecteerde gegevens in ARC/INFO-bestanden uitgevoerd, zodat ze buiten BOPAK met andere gegevens zijn te combineren. De *overzichten* zijn tabellen waarin de geselecteerde gegevens naar klasse- of aantallenverdeling worden gepresenteerd. Overzichten zijn op het beeldscherm te bekijken, en/of uit te printen.

### ***Omgeving voor het werken met BOPAK***

BOPAK is een menugestuurd programma. Om van alle opties van BOPAK gebruik te kunnen maken, dient BOPAK te draaien op een grafisch werkstation. Wanneer BOPAK wordt gedraaid op een gewone (niet-grafische) VAX-terminal is slechts een beperkt aantal opties te gebruiken. Voor een gebruiker van BOPAK is het gewenst enig inzicht te hebben in de menustructuur van BOPAK en in de structuur waarin de gegevens worden bewaard. Bij gebruik van een grafisch werkstation is ook enige kennis van DEC-windows gewenst.

## 5 Begrippen

Rapport en kaarten over bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden bevatten termen die wellicht enige toelichting behoeven. In deze lijst, die een alfabetische volgorde heeft, vindt u de gebruikte termen verklaard of gedefinieerd. In De Bakker en Schelling (1989) wordt soms veel dieper op de betekenis van een term ingegaan. Enkele definities zijn overgenomen uit de verklarende hydrologische woordenlijst van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (1986).

**afwatering:** afvoer van water door een stelsel van open waterlopen naar een lozingspunt van het afwateringsgebied

**A-horizont:** bovengrond van mineraal of moerig materiaal, aan het oppervlak ontstaan, relatief donker gekleurd; de organische stof is geheel of gedeeltelijk biologisch omgezet (dikke A: een niet-vergraven A-horizont die 50 cm of dikker is; matig dikke A: een niet-vergraven A-horizont die 30-50 cm dik is; een dunne A: een niet-vergraven A-horizont die dunner dan 30 cm is of een vergraven bovengrond ongeacht de dikte).

**AB-horizont:** geleidelijke overgang van een A- naar een B-horizont

**AC-horizont:** geleidelijke overgang van een A- naar een C-horizont

**AE-horizont:** geleidelijke overgang van een A- naar een E-horizont

**...a-horizont:** horizont die uit van elders aangevoerd materiaal bestaat. De aanduiding wijst op de invloed van de plaggenbemesting in bijv. de enkeerdgronden en op de invloed van het opbaggeren in de tuineerdgronden (a = antropos).

**banden-B:** serie oranjebruine tot geelbruine, massieve banden met ingespoeld ijzer en lutum, waarvan de bovenste binnen 120 cm diepte ligt en 5-15 cm dik is. De banden bevatten ten minste 3% lutum (of lutum + ijzer) meer dan het tussenliggende C-materiaal.

**bewortelbare diepte:** bodemkundige maat voor de diepte waarop de plantenwortels kunnen doordringen in de grond. Limiterend zijn: de pH, aëratie en de indringingsweerstand (Ten Cate et al. 1995, TD19D).

**bewortelingsdiepte:** diepte waarop een één- of tweejarig volgroeid gewas nog juist voldoende wortels in een 10% droog jaar kan laten doordringen om het aanwezige vocht aan de grond te onttrekken, ook wel 'effectieve bewortelingsdiepte' genoemd (Ten Cate et al. 1995, TD19D).

**B-horizont:**

1 inspoelingshorizont; een horizont waaraan door inspoeling uit een hoger liggende horizont stoffen (humus, humus + sesquioxiden, lutum of lutum + sesquioxiden) zijn toegevoegd.



2 (bijna) volledig gehomogeniseerde horizont met zodanige veranderingen dat:

- nieuwvorming van kleimineralen is opgetreden en/of;
- sesquioxiden zijn vrijgekomen, of;
- een blokkige of samengesteld prismatische structuur is ontstaan.

**BC-horizont:** geleidelijke overgang van een B- naar een C-horizont; typerend voor vele hydropodzolgronden

**...b-horizont:** horizont die na de bodemvorming met een sediment of met een opgebrachte laag (bijv. Aa) bedekt is geraakt (b = begraven)

**bodemprofiel (kortweg profiel):** verticale doorsnede van de bodem die de opeenvolging van de horizonten laat zien; in de praktijk van DLO-Staring Centrum meestal tot 120, tot 150 of tot 180 cm beneden maaiveld

**bodemprofielmonster:** monster van een bodemprofiel dat in het veld met een grondboor uit de bodem wordt genomen en ter plekke veldbodemkundig wordt onderzocht

**bodemvorming:** verandering van moedermateriaal onder invloed van uitwendige factoren, waarbij horizonten ontstaan

**bovengrond:** bovenste horizont van het bodemprofiel die meestal een relatief hoog gehalte aan organische stof bevat. Komt bodemkundig in het algemeen overeen met de A-horizont, landbouwkundig met de bouwvoor.

**briklaag:** textuur-B die:

- ten minste 15 cm dik is;
- in het zwaarste gedeelte (de Bt) ten minste 10% lutum bevat;
- inspoelingshuidjes van lutum (en ijzer) op sommige wanden van de structuurelementen en van de poriën heeft.

De briklaag heeft een blokkige of prismatische structuur. Bovendien is hij donkerder van kleur en heeft hij een vastere consistentie dan de A- en de C-horizont.

**bruine minerale eerdlaag:** minerale eerdlaag waarin binnen 25 cm diepte een laag van ten minste 10 cm dikte begint die bruin is

**C-horizont:** minerale of moerige horizont die weinig of niet is veranderd door bodemvorming, waarbij een O-, A-, E- of B-horizont wordt gevormd. Doorgaans zijn de bovenliggende horizonten uit soortgelijk materiaal ontstaan.

**...c-horizont:** horizont die extreem ijzerrijk is met 40 volumepercenten of meer roestvlekken, roestconcreties of ijzerverkittingen

**doorlatendheid:** (maat voor) het vermogen van de grond om water door te laten. In de verzadigde doorlatendheid (K) worden landelijk vier gradaties onderscheiden (zie volgende tabel; ontleend aan het Cultuurtechnisch Vademecum).

Tabel 54 Gradatie in verzadigde doorlatendheid

Code	Naam	K(m/dag)
1	zeer slecht doorlatend	< 0,01
2	slecht doorlatend	0,01- 0,10
3	matig doorlatend	0,10- 0,50
4	vrij goed doorlatend	0,50- 1,00
5	goed doorlatend	1,00-10,00
6	zeer goed doorlatend	> 10,00

**droog jaar, 10%:** een jaar met een neerslagtekort in het groeiseizoen dat gemiddeld één keer in de tien jaar voorkomt of overschreden wordt

**duidelijke humuspodzol-B-horizont:** duidelijke podzol-B-horizont, waarin beneden 20 cm diepte een ophoping van ingespoelde organische stof voorkomt, of waarvan de bovenste 5-10 cm (of meer) amorfe humus bevat, die als disperse humus is verplaatst

**duidelijke moderpodzol-B-horizont:** duidelijke podzol-B-horizont, waarin beneden 20 cm diepte geen ophoping van ingespoelde organische stof voorkomt; de humus wordt in niet-amorfe vorm aangetroffen, en wel bijna steeds als moder; deze horizont bevat steeds duidelijk ijzer, dat als huidjes om de zandkorrels voorkomt of samen met fijne minerale delen tussen de zandkorrels ligt.

**duidelijke podzol-B-horizont:** horizont met een podzol-B, waarin beneden 20 cm diepte:

- een bijna zwarte laag voorkomt van ten minste 3 cm dikte (Bh), of:
  - de Bhe, Bhs of Bws voldoende kleurcontrast heeft met de C-horizont. Naarmate de Bhe, Bhs of Bws dikker zijn, mag het kleurcontrast minder zijn,
- of:
- een duidelijk te herkennen B-horizont tot dieper dan 120 cm doorgaat, of:
  - een vergraven grond brokken B-materiaal bevat waarvan de kleur goed contrasteert met die van de C-horizont.

**eerdgronden:** moerige gronden en minerale gronden met een minerale eerdlaag en binnen 40 cm geen vast gesteente dat ten minste 40% CaCO<sub>3</sub> bevat. Als de A-horizont dunner is dan 50 cm, mag er geen duidelijke podzol-B-horizont voorkomen. Als de A-horizont dunner is dan 80 cm, mag er geen briklaag voorkomen.

**E-horizont:** uitspoelingshorizont; minerale horizont die lichter van kleur is en meestal ook een lager lutum- of humusgehalte heeft dan de boven- en/of onderliggende horizont die verarmd is door verticale (soms laterale) uitspoeling van Fe- en Al-(hydro)oxyden (sesquioxiden)

**EB-horizont:** geleidelijke overgang van een E- naar een B-horizont. Deze horizont ontbreekt in de meeste podzolgronden en is typerend voor de meeste brikgronden.

**...e-horizont:** aanduiding bij:

- B- en C-horizonten met kenmerken van ontijzering. Wordt gebruikt bij niet volledig gereduceerde B- en C-horizonten in zand als deze geen ijzerhuidjes en geen roest-

vlekken bevatten.

- Bh-horizonten, als de BC- of C-horizont onder de Bh-horizont ook de lettertoevoeging e heeft (bij hydropodzolgronden);
- het bovenste deel van de Bh-horizont, wanneer in het onderste deel een sterke concentratie van ingespoeld ijzer zichtbaar is (bij haarpodzolgronden);
- moedermateriaal dat van nature ijzerarm is, waarin geen ontijzering heeft plaatsgevonden.

**eolisch:** door de wind gevormd, afgezet

**...f-horizont:** aanduiding bij O-horizonten, waarin plantedelen worden afgebroken tot ruwe humus of moder, maar waarin nog steeds herkenbare plantefragmenten aanwezig zijn

**fluctuatie:** zie grondwaterstandsfluctuatie

**fluviaal:** door beek- of rivierwater afgezet

**gerichte waarneming:** in tijdig in gereedheid gebrachte en over het gebied verspreid liggende boorgaten wordt de grondwaterstand gemeten op het moment dat in één of meer van de geselecteerde meetpunten de grondwaterstand de GHG of GLG bereikt (Van der Sluijs 1982)

**GHG (gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand):** De GHG is gedefinieerd als de statistische verwachtingswaarde van de HG3's gegeven het grondwaterregime en het klimaat. De precieze waarde hiervan zal in de praktijk uiteraard onbekend blijven, maar deze waarde kan geschat worden uit halfmaandelijke waarnemingen over een aantal jaren, waarin het grondwaterregime niet door ingrepen is gewijzigd.

**...g-horizont:** horizont met roestvlekken (g = gley)

**gleyverschijnselen:** zie: hydromorfe verschijnselen

**GLG (gemiddeld laagste zomergrondwaterstand):** De GLG is gedefinieerd als de statistische verwachtingswaarde van de LG3's gegeven het grondwaterregime en het klimaat. De precieze waarde hiervan zal in de praktijk uiteraard onbekend blijven, maar deze waarde kan geschat worden uit halfmaandelijke waarnemingen over een aantal jaren, waarin het grondwaterregime niet door ingrepen is gewijzigd.

**grind, grindfractie:** minerale delen met een korrelgrootte  $\geq 2000 \mu\text{m}$

**grondwater:** water dat zich beneden de grondwaterspiegel bevindt en alle holten en poriën in de grond vult

**grondwaterklasse (Gk):** een ad hoc vastgestelde klasse die gedefinieerd wordt door een GHG en/of GLG-traject dat niet overeenkomt met een traject van de grondwatertrappen.

**grondwaterspiegel (= freatisch vlak):** denkbeeldig vlak waarop de druk in het grondwater gelijk is aan de atmosferische, en waarbeneden de druk in het grondwater naarwaarts toeneemt (bovenkant van het grondwater).

**grondwaterstand (= freatisch niveau):** diepte waarop zich de grondwaterspiegel bevindt, uitgedrukt in m of cm beneden maaiveld (of een ander vergelijkingsvlak, bijv. NAP)

**grondwaterstandscurve:** grafische voorstelling van grondwaterstanden die op geregelde tijden op een bepaald punt zijn gemeten

**grondwaterstandsfluctuatie:** het stijgen en dalen van de grondwaterstand. Soms wordt deze term in kwantitatieve zin gebruikt als het verschil tussen GLG en GHG.

**grondwaterstandsverloop:** verandering van de grondwaterstand in de tijd

**grondwatertrap (Gt):** klasse die gedefinieerd wordt door een zeker GHG- en/of GLG-traject

**grondwaterschijnselen:** zie: hydromorfe schijnselen

**guanotrofiëring:** eutrofiëring van een voedselarm milieu door uitwerpselen van vogels

**GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand):** langjarig gemiddelde van de grondwaterstand op 1 april

**gyttja:** bagger, ontstaan uit resten van organismen die leven in voedselrijk water (diatomeën)

**HG3:** het gemiddelde van de hoogste drie grondwaterstanden die in een winterperiode (1 oktober-1 april) zijn gemeten. Hierbij wordt uitgegaan van metingen op of omstreeks de 14e en 28e van elke maand in geperforeerde buizen van 2-3 m lengte.

**...h-horizont:** horizont met een ophoping van organische stof bij:

- O-horizonten met een compacte laag omgezette organische stof die van het bodemoppervlak losgetrokken kan worden;
- A-horizonten die niet-bewerkt zijn;
- B-horizonten die ingespoelde humus bevatten.

**hoog, middelhoog, laag en zeer laag (gelegen):** in de bodemkunde hebben deze aanduidingen betrekking op de ligging van het maaiveld ten opzichte van het grondwater.

**horizont:** laag in de grond met kenmerken en eigenschappen die verschillen van de erboven en/of eronder liggende lagen; in het algemeen ligt een horizont min of meer evenwijdig aan het maaiveld.

**humus, -gehalte, -klasse:** korthedshalve krijgt het woord humus vaak de voorkeur, terwijl organische stof (een ruimer begrip) wordt bedoeld (zie ook: organische stof en organische-stofklasse).

**hydromorfe kenmerken:**

1 Voor de podzolgronden:

- een moerige bovengrond of;
- een moerige tussenlaag en/of;
- geen ijzerhuidjes op de zandkorrels onmiddellijk onder de Bh, Bhe, Bhs of Bws.

2 Voor de brikgronden:

- in een grijze E en in de Bt komen roestvlekken en mangaanconcreties voor.

3 Voor de eerdgronden en de vaaggronden:

- een Cr-horizont binnen 80 cm diepte beginnend en/of;
- een niet-gerijpte ondergrond en/of;
- een moerige bovengrond en/of;
- een moerige laag binnen 80 cm diepte beginnend;
- bij zandgronden met een A dunner dan 50 cm: geen ijzerhuidjes op de zandkorrels onder de A-horizont;
- bij zavel- en kleigronden met een A dunner dan 50 cm: roest- en/of reductievlekken beginnend binnen 50 cm diepte.

**hydromorfe verschijnselen:** verschijnselen door periodieke verzadiging van de grond met water veroorzaakt. In het profiel zijn deze verschijnselen waarneembaar in de vorm van blekings- en gleyverschijnselen, roest- en 'reductie'-vlekken en een totaal 'gereduceerde' zone. In ijzerhoudende gronden worden deze verschijnselen meestal gley of gleyverschijnselen genoemd.

**hydropodzol-, -brik-, -eerd-, -vaaggronden:** podzol-, brik-, eerd-, vaaggronden ontstaan binnen de invloedssfeer van grondwater, hetgeen waarneembaar is doordat er hydromorfe verschijnselen aanwezig zijn.

**...i-horizont:** aanduiding bij C-horizonten voor half of minder gerijpte zavel of klei

**ijzerhuidjes:** het voorkomen van ijzerhuidjes op de zandkorrels onmiddellijk onder de Bh-horizont (bij podzolgronden) of boven in de C-horizont (bij eerd- en vaaggronden) duidt op een ontstaanswijze van deze gronden buiten de invloedssfeer van grondwater. Het ontbreken van ijzerhuidjes is bij bovengenoemde gronden een hydromorf kenmerk.

**jarosiet:** gele vlekken van basisch ijzersulfaat ontstaan door oxidatie van pyriet

**...j-horizont:** horizont met jarosietvlekken (katteklei)

**kalkarm, -loos, -rijk:** bij het veldbodemkundig onderzoek wordt het koolzure-kalkgehalte van grond geschat aan de mate van opbruisen met verdund zoutzuur (10% HCl). Er zijn drie kalkklassen:

1 kalkloos materiaal: geen opbruising; overeenkomend met minder dan circa 0,5% CaCO<sub>3</sub>, analytisch bepaald, d.w.z. de geanalyseerde hoeveelheid CO<sub>2</sub>, omgerekend

in procenten  $\text{CaCO}_3$  op de grond.

- 2 kalkarm materiaal: hoorbare opbruising: overeenkomend met circa 0,5-1 à 2%  $\text{CaCO}_3$ .
- 3 kalkrijk materiaal: zichtbare opbruising: overeenkomend met circa 1-2%  $\text{CaCO}_3$  of meer.

**kalkloze zware kleitussenlaag:** een niet-kalkrijke laag met mineraal materiaal dat ten minste 35% lutum bevat, liggend onder een zavel- of lichte kleibovengrond. De kalkloze zware kleitussenlaag begint:

- of binnen 25 cm en loopt door tot ten minste 40 cm;
- of tussen 25 en 80 cm en is ten minste 15 cm dik en rust op een lichtere en/of kalkrijke ondergrond die:
  - of binnen 80 cm diepte begint en ten minste 40 cm dik is;
  - of 80 cm of dieper begint en doorloopt tot 120 cm of dieper.

**kalkverloop:** het verloop van het kalkgehalte in het bodemprofiel

**katteklei:** extreem zure kleien die naast roestvlekken ook typische gele vlekken hebben (zie ook: jarosiet en ...j-horizont)

**klastisch sediment:** sediment ontstaan door afbraak van oudere gesteenten, samengesteld uit delen en mineralen van het moedergesteente.

**klei:** mineraal materiaal dat 8% lutum of meer bevat (zie ook: textuurklasse).

**kleiarne moerige eerdlaag:** een moerige eerdlaag waarin geen lutum van betekenis voorkomt

**kleifractie:** minerale delen met een korrelgrootte  $< 2 \mu\text{m}$

**kleigronden:** minerale gronden, waarvan het niet-moerige deel tussen 0 en 80 cm diepte voor minder dan de helft van de dikte uit zand bestaat. Indien een dikke A voorkomt, moet deze gemiddeld zwaarder zijn dan de textuurklasse zand.

**kleiige moerige eerdlaag:** een moerige eerdlaag waarin lutum voorkomt

**LG3:** het gemiddelde van de laagste drie grondwaterstanden die in een zomerperiode (1 april-1 oktober) zijn gemeten. Hierbij wordt uitgegaan van metingen op of omstreeks de 14e en 28e van elke maand in geperforeerde buizen van 2-3 m lengte.

**leem:**

- 1 mineraal materiaal dat 50% of meer leemfractie bevat
- 2 kortweg gebruikt voor leemfractie

**leemfractie:** minerale delen met een korrelgrootte  $< 50 \mu\text{m}$ . Wordt in de praktijk vrijwel uitsluitend gebezigd bij lutumarm materiaal (zie ook: textuurklasse).

**leemgronden:** leemgronden zijn minerale gronden, waarvan het niet-moerige deel tussen 0 en 80 cm diepte voor de helft of meer van de dikte uit leem bestaat; indien een dikke A voorkomt, moet deze gemiddeld uit leem bestaan

**...I-horizont:** aanduiding bij O-horizonten voor verse, nauwelijks aangetaste bladeren en naalden

**licht(er):** grond wordt licht(er) genoemd als (naarmate) het gehalte aan silt en lutum laag is (afneemt).

**lutum:** kortweg gebruikt voor lutumfractie

**marien:** onder invloed van getijdenbewegingen afgezet

**meerbodem:** bruin, sterk tot zeer sterk lemig, weinig slik, gevormd op de bodem van een plas

**mineraal:** zie: mineraal materiaal; zie: organische-stofklasse

**mineraal materiaal:** grond met een organische-stofgehalte van minder dan 15% (bij 0% lutum) tot 30% (bij 70% lutum). Zie: organische-stofklasse.

**minerale delen:** het bij 105 °C gedroogde, over de 2 mm zeef gezeefde deel van een monster na aftrek van de organische stof en de koolzure kalk. De term 'minerale delen' is eigenlijk minder juist, want de koolzure kalk, hoewel vaak van organische oorsprong, behoort tot het minerale deel van het monster.

**minerale eerdlaag:**

1 Ah- of Ap-horizont van ten minste 15 cm dikte, die uit mineraal materiaal bestaat dat:

- humusrijk is of;
- matig humusarm of humeus, maar dan tevens aan bepaalde kleureisen voldoet.

2 dikke A-horizont van mineraal materiaal. Voor 'humusrijk', 'matig humusarm' en 'humeus' zie: organische-stofklasse.

**minerale gronden:** gronden die tussen 0 en 80 cm diepte voor de helft of meer van die dikte uit mineraal materiaal bestaan.

**mineralogisch arm, rijker:** arm, rijker aan opgeloste stoffen, in het bijzonder stoffen die uit bodemmineralen in oplossing gaan (zoals Ca, Na, K, Cl, Fe)

**moerig:** zie: moerig materiaal en organische-stofklasse

**moerige bovengrond:** bovengrond die moerig is (ook na eventueel ploegen tot 20 cm diepte) en binnen 40 cm diepte op een minerale ondergrond ligt

**moerige eerdlaag:** moerige Ah-horizont van ten minste 15 cm dikte (of moerige Ap, ongeacht de dikte) waarin de volumefractie planteresten met een herkenbare

weefselopbouw hoogstens 10-15% mag bedragen. Voor de betekenis van 'moerig' zie: organische-stofklasse.

**moerige gronden:** gronden die 0 en 80 cm diepte voor minder dan de helft van de dikte uit moerig materiaal bestaan dat tevens voldoet aan de definitie van de moerige bovengrond of van de moerige tussenlaag

**moerige tussenlaag:** een laag moerig materiaal die ondieper dan 40 cm beneden maaiveld begint en die 15-40 cm dik is

**moerig materiaal:** grond met een organische-stofgehalte van 15% of meer (bij 0% lutum) tot 30% (bij 70% lutum). Zie: organische-stofklasse.

**M50 (eigenlijk M50-2000):** mediaan van de zandfractie. Het getal dat die korrelgrootte aangeeft waarboven en waarbeneden de helft van de massa van de zandfractie ligt (zie ook: textuurklasse).

**niet-gerijpte ondergrond:** bijna gerijpte laag binnen 50 cm diepte en/of half of nog minder gerijpte laag binnen 80 cm diepte, voorkomend onder een gerijpte bovengrond dikker dan 20 cm. Zie: rijpingsklasse.

**O-horizont:** een moerige horizont die bestaat uit in een aëroob milieu opgehoopte planteresten (strooisellaag) en die ligt boven een A- of een E-horizont

**ondergrond:** horizont(en) onder de bovengrond

**ontwatering:** afvoer van water uit een perceel, over en door de grond en eventueel door greppels of drains

**organische stof:** al het levende en dode materiaal in de grond dat van organische herkomst is. Hoofdzakelijk van plantaardige oorsprong en variërend van levend materiaal (wortels) tot planteresten in allerlei stadia van afbraak en omzetting. Het min of meer volledig omgezette produkt is humus.

**organische-stofklasse:** berust op een indeling naar de massafractie organische stof en lutum, beide uitgedrukt in procenten van de bij 105 °C gedroogde en over de 2 mm zeef gezeefde grond. De volgende tabellen geven weer hoe gronden naar het organische-stofgehalte worden ingedeeld.



Tabel 55 Indeling van lutumarme gronden naar het organische-stofgehalte

Organische stof (%)	Naam	Samenvattende namen	
0 - 0,75	uiterst humusarm zand	humusarm	mineraal materiaal
0,75- 1,5	zeer humusarm zand		
1,5 - 2,5	matig humusarm zand		
2,5 - 5	matig humeus zand	humeus	
5 - 8	zeer humeus zand		
8 - 15	humusrijk zand		
15 - 22,5	venig zand		moerig materiaal
22,5 - 35	zandig veen		
35 - 100	veen		

Tabel 56 Indeling van lutumrijke gronden naar het organische-stofgehalte

Organische stof (%)	Naam	Samenvattende namen	
0- 2,5 à 5	humusarme klei		mineraal materiaal
2,5 à 5- 5 à 10	matig humeuze klei	humeus	
5 à 10- 8 à 16	zeer humeuze klei		
8 à 16- 15 à 30	humusrijke klei		
15 à 30- 22,5 à 45	venige klei		moerig materiaal
22,5 à 45- 35 à 70	kleilig veen		
35 à 70- 100	veen		

Bij deze indeling zijn de klassegrenzen afhankelijk van het lutumgehalte met dien verstande, dat hoe hoger het lutumgehalte is, hoe hoger ook het vereiste organische-stofgehalte moet zijn om een grond in een bepaalde organische-stofklasse te handhaven.

**...p-horizont:** recent door de mens bewerkte A-horizonten, zoals de bouwvoor (Ap, p = ploegen). Diep bewerkte gronden leveren meestal een menging van verschillende horizonten op, aangeduid bijv. als A/B/C.

**podzol-B-horizont:** B-horizont in minerale gronden, waarvan het ingespoelde deel vrijwel uitsluitend uit amorfe humus, uit amorfe humus en sesquioxiden, of uit sesquioxiden alleen bestaat

**podzolering:** het proces, waarbij uitloging van sesquioxiden, en/of neerwaartse verplaatsing van humus en inspoeling van deze stoffen in diepere lagen optreden

**podzolgronden:** moerige en minerale gronden met een duidelijke podzol-B-horizont en een A-horizont dunner dan 50 cm

**'reductie'-vlekken:** door de aanwezigheid van tweewaardig ijzer neutraal grijs gekleurde, in 'gereduceerde' toestand verkerende vlekken

**R-horizont:** vast gesteente

**...r-horizont:** geheel gereduceerde horizont

**rijping:** proces waarbij na drooglegging uit een weke, structuurloze, gereduceerde modder een begaanbare, gescheurde en geoxideerde cultuurgrond ontstaat. Het proces heeft drie belangrijke aspecten: een fysisch, een chemisch en een biologisch aspect. Het meest in het oog springende fysische aspect is de blijvende volumeverandering van de grond, die ontstaat door een irreversibel vochtverlies (inklinking). Rijping treedt alleen op bij zwaardere sedimenten. De volgende tabel toont de indeling in rijpingsklassen naar de consistentie van het materiaal.

*Tabel 57 Rijpingsklassen als afhankelijke van de consistentie*

Naam	Consistentie
geheel ongerijpt	zeer slap; loopt tussen de vingers door
bijna ongerijpt	slap; loopt bij knijpen zeer gemakkelijk tussen de vingers door
half gerijpt	matig slap; loopt bij knijpen nog goed tussen de vingers door
bijna gerijpt	matig stevig; kan met stevig knijpen nog juist tussen de vingers door worden geperst
gerijpt	stevig; niet tussen de vingers door te persen

**roodoornig:** met ijzer verrijkte lagen (rood- of okerbruin van kleur) aan of nabij het oppervlak ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -gehalte 5-50%, meestal 10% of meer)

**roestvlekken:** door de aanwezigheid van bepaalde ijzerverbindingen bruin tot rood gekleurde vlekken

**sesquioxiden:** verbindingen van Fe/Al met  $\text{OH}^-$

**...s-horizont:** aanduiding bij B-horizonten met ingespoelde sesquioxiden. Bij Bw-horizonten komt toevoeging ...s alleen voor, als de bovenliggende horizonten kenmerken van ontijzering vertonen in de vorm van afgeloogde zandkorrels. Bh-horizonten krijgen toevoeging ...s, wanneer op de zandkorrels direct onder de Bh-horizont ijzerhuidjes aanwezig zijn. Dit geldt niet voor het bovenste deel van de Bh-horizont, wanneer in het onderste deel een sterke concentratie van ingespoeld ijzer zichtbaar is.

**siltfractie:** 'tussenfractie' tussen de lutum- en de zandfractie; de minerale delen hebben een korrelgootte van 2-50  $\mu\text{m}$

**textuur:** korrelgroottesamenstelling van de grondsoorten; zie ook: textuurklasse

**textuur-B:** B-horizont in minerale gronden, waarin lutum of lutum met sesquioxiden is ingespoeld

**textuurklassen:** berust op een indeling van grondsoorten naar hun korrelgroottesamenstelling in massaprocenten van de minerale delen. Niet-eolische en eolische afzettingen (zowel zand als zwaarder materiaal) worden naar het lutum- of leemgehalte ingedeeld, en de zandfractie naar de M50 (zie de volgende tabellen).

Tabel 58 Indeling niet-eolische afzettingen <sup>1</sup> naar het lutumgehalte

Lutum(%)	Naam	Samenvattende namen		
0 - 5	kleiarm zand		zand	lutumarm materiaal
5 - 8	kleiig zand			
8 - 12	zeer lichte zavel	lichte	zavel	lutumrijk materiaal (wordt in zijn geheel t.o.v. 'zand' ook wel met 'klei' aangeduid)
12 - 17,5	matig lichte zavel	zavel		
17,5 - 25	zware zavel			
25 - 35	lichte klei		klei	
35 - 50	matig zware klei	zware		
50 - 100	zeer zware klei	klei		

<sup>1</sup> zowel zand als zwaarder materiaal

Tabel 59 Indeling eolische afzettingen <sup>1</sup> naar het leemgehalte

Leem(%)	Naam	Samenvattende namen	
0 - 10	leemarm zand		zand <sup>2</sup>
10 - 17,5	zwak lemig zand	lemig	
17,5 - 32,5	sterk lemig zand	zand	
32,5 - 50	zeer sterk lemig zand		
50 - 85	zandige leem		leem
85 - 100	siltige leem		

<sup>1</sup> zowel zand als zwaarder materiaal

<sup>2</sup> tevens minder dan 8% lutum

Tabel 60 Indeling van de zandfractie naar de M50

M50 (µm)	Naam	Samenvattende namen
50 - 105	uiterst fijn zand	fijn zand
105 - 150	zeer fijn zand	
150 - 210	matig fijn zand	
210 - 420	matig grof zand	grof zand
420 - 2000	zeer grof zand	

**...t-horizont:** textuur-B-horizont of briklaag (t van het duitse Ton), waarin lutum ingespoeld is

**...u-horizont:** toevoeging aan de code voor een hoofdhorizont zonder andere letter-toevoeging (u = unspecified)

**vaaggronden:** minerale gronden zonder duidelijke podzol-B-horizont, zonder briklaag en zonder minerale eerdlaag

**veengronden:** gronden die tussen 0 en 80 cm - mv. voor de helft of meer van de dikte uit moerig materiaal bestaan

**vergraven gronden:** gronden waarin een vergraven laag voorkomt, die tussen 0 en 40 cm diepte begint, tot grotere diepte dan 40 cm doorloopt en 20 cm of meer dik is

**waterstand:** zie: grondwaterstand

**...w-horizont:** aanduiding bij:

- geheel of nagenoeg geheel gehomogeniseerde B-horizonten voor nieuwgevormde kleimineralen en/of vrijgekomen sesquioxiden (vnl. ijzer) of voor een blokkige of samengestelde prismatische structuur;
- C-horizonten die uit zavel of klei bestaan voor een blokkige of samengestelde prismatische structuur;
- C-horizonten in zand, leem of silt voor nieuwgevormde kleimineralen en/of vrijgekomen sesquioxiden;
- C-horizonten met sterk verweerd moerig materiaal.

**...y-horizont:** aanduiding bij C-horizonten in zand met ijzerhuidjes

**zand:** mineraal materiaal dat minder dan 8% lutum- en minder dan 50% leemfractie bevat

**zandbovengrond:** een uitsluitend in brikgronden voorkomende bovengrond die tot een grotere diepte dan 20 cm uit zand bestaat

**zanddek:** minerale bovengrond die minder dan 8% lutumfractie en minder dan 50% leemfractie bevat (ook na eventueel ploegen tot 20 cm) en die binnen 40 cm diepte ligt op moerig materiaal, op een podzolgrond of op een kleilaag die 40 cm of meer dik is

**zandfractie:** minerale delen met een korrelgrootte van 50-2000  $\mu\text{m}$  (zie ook: textuurklasse)

**zandgronden:** minerale gronden, waarvan het niet-moerige deel tussen 0 en 80 cm diepte voor de helft of meer van de dikte uit zand bestaat. Indien een dikke A voorkomt, moet deze gemiddeld uit zand bestaan.

**zavel:** zie textuurklasse

**zavel- en kleigronden:** minerale gronden, waarvan het niet-moerige deel tussen 0 en 80 cm diepte voor minder dan de helft van de dikte uit zand bestaat. Indien een dikke A voorkomt, moet deze gemiddeld zwaarder zijn dan de textuurklasse zand.

**zavel- of kleidek:** minerale bovengrond die 8% lutumfractie of meer of 50% leemfractie of meer bevat (ook na eventueel ploegen tot 20 cm) en die binnen 40 cm diepte ligt op moerig materiaal, op een podzolgrond of op een zandlaag die 40 cm of meer dik is

**zonder roest:**

- 1 geen roest of;
- 2 roest ondieper dan 35 cm beneden maaiveld beginnend of;
- 3 roest ondieper dan 35 cm beneden maaiveld beginnend, maar over 30 cm of meer onderbroken.

**zwaar(der):** grond wordt zwaar(der) genoemd als (naarmate) het gehalte aan silt- en lutumfractie hoog is (toeneemt).

**zwarte minerale eerdlaag:** minerale eerdlaag, die niet aan de criteria voor de bruine voldoet

## Literatuur

Albers, H.T.M.P., 1980. *Een onderzoek naar de verslemping van zeekleigronden*. Wageningen, STIBOKA. Rapport 1484.

Bakker, H. de en W.P. Locher, (red.), 1990. *Bodemkunde van Nederland, deel 2: Bodemgeografie*. Den Bosch, Malmberg (Tweede druk).

Bakker, H de en J. Schelling, 1989. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus*. Tweede gewijzigde druk, bewerkt door D.J. Brus en C. van Wallenburg. Wageningen, PUDOC.

Bannink, J.F., H.N. Leijns en I.S. Zonneveld, 1973. *Vegetatie, groeiplaats en boniteit in Nederlandse naaldhoutbossen*. Bodemkundige Studies 9. Wageningen. Mededelingen van de Stichting voor Bodemkartering.

Bodemkaart, 1978. *Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000; toelichting bij de kaartbladen 17 West Emmen en 17 Oost Emmen*. Wageningen, STIBOKA.

Boekel, P., 1972. 'Factoren die van invloed zijn op de structuur van de grond'. In: *Bodemkunde in de moderne Land- en Tuinbouw*. Voordrachten gehouden op de 28e B-leergang. Den Haag, Ministerie van Landbouw en Visserij.

Buishand, T.A., 1982. 'Het verloop van het potentiële neerslagoverschot in een zomerhalfjaar van een bepaalde droogtegraad'. *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 22: 11-19

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19A.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel B: Grondwater*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19B.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel C: Kaarttekenen, rapporteren en samenstellen digitale bestanden*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19C.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel D: Interpretaties van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19D.

Cate, J.A.M. ten, A.F. Holst. H. Kleijer en J. Stolp, 1995 (i.v.). *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel E: Bepalingsmethoden en meettechnieken*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19E.

Colenbrander, H.J., 1970. 'Waarneming en bewerking van grondwaterstanden en bodemvochtgegevens'. In: *Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied*. Commissie Bestudering Waterbehoefte Gelderse Landbouwgronden. Tweede Interimrapport. Werkgroep I: 148-175.

Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, 1986. *Verklarende hydrologische woordenlijst*. 's Gravenhage. Rapporten en nota's no. 16.

Genstat 5 Committee, 1987. *Genstat 5 Reference Manual*. Oxford. Clarendon Press.

Haans, J.C.F.M., (red.), 1979. *De interpretatie van bodemkaarten; rapport van de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten, stadium C*. Wageningen, STIBOKA. Rapport 1463.

Heesen, H.C. van en G.J.W. Westerveld, 1966. 'Karakterisering van het grondwaterstandsverloop op de bodemkaart'. *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 3, 3: 116-123.

Knotters, M. en P.E.V. van Walsem, 1994. *Uitschakeling van weersinvloeden bij de karakterisering van het grondwaterstandsverloop*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 350.

Marsman, B.A. en J.J. de Gruijter, 1982. *Kwaliteit van bodemkaarten; een vergelijking van karteringsmethoden in een zandgebied*. Wageningen. STIBOKA. Rapport 1714.

Oude Voshaar, J.H., 1994. *Statistiek voor onderzoekers; met voorbeelden uit de landbouw- en milieuwetenschappen*. Wageningen, Wageningen Pers.

Oude Voshaar, J.H. en J. Stolp, 1996. *Schatting van de GHG en GLG van tijdelijke buizen via regressie op naburige stambuizen*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 30.

Overvest, J. en A.F. Laeven-Kloosterman, 1984. *Graslandgebruikssystemen op het gezinsbedrijf*. P.R.-publicatie nr. 26. Lelystad.

PAGV, 1986. *Kwantitatieve informatie voor de akkerbouw en de groenteteelt in de volle grond*. Bedrijfsynthese 1986-1987. Publicatie nr. 33. Lelystad, PAGV.

Randen, IJ. van, Th.G.C. van der Heijden en J. Stolp, 1995. *Beheerdersdocumentatie BOPAK versie 2.1*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 5.

Riele, W.J.M. te, 1994. 'Vergelijking van twee ruimtelijke-temporale meetstrategieën voor het bepalen van grondwaterstandskarakteristieken'. *H<sub>2</sub>O* 27: 454-460.

Riele, W.J.M. te en D.J. Brus, 1991. *Methoden van gerichte grondwaterstandsmetingen voor het schatten van de GHG*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 158.

Sluijs, P. van der, 1982. 'De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop'. *H<sub>2</sub>O* 15: 42-46.

Sluijs, P. van der, 1990. 'Hoofdstuk 11: grondwatertrappen: 167-180'. In: W.P. Locher en H. de Bakker (redactie). *Bodemkunde van Nederland, deel 1: Algemene bodemkunde*. 2<sup>e</sup> druk. Den Bosch, Malmberg.

Sluijs, P. van der en H.C. van Heesen, 1989. 'Veranderingen in de berekening van de GHG en de GLG'. *Landinrichting* 29, 1: 18-21.

Steur, G.G.L. en G.J.W. Westerveld, 1965. 'Bodemkaart en kaartschaal'. *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 5, 2: 55-74.

Stolp, J., Th.G.C. van der Heijden, IJ. van Randen, F. Brouwer en E. Kiestra, 1995. *Gebruikersdocumentatie BOPAK versie 2.1*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 3.

Voet, H, 1995. *Handleiding BODEP*. Utrecht, Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden.

Vries, F. de en C. van Wallenburg, 1974. 'Waardering van de landbouwkundige waarde van de grond'. *Bedrijfsvoorlichting* 5, 2: 159-168.

Vries, F. de en C. van Wallenburg, 1990. 'Met de nieuwe grondwatertrappenindeling meer zicht op het grondwater'. *Landinrichting* 30, 1: 31-36.

Vries, TH. de, 1974. 'Waardering van de landbouwkundige waarde van de grond'. *Bedrijfsvoorlichting* 5, 2: 159-168.

Wallenburg, C. van en C. Hamming, 1985. 'De zodestevigheid van grasland in relatie tot bodemgesteldheid en ontwatering'. *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 25, 2: 111-119.

Zuur, A.J., 1948. 'Stuiven van mariene gronden'. *Maandblad voor de landbouwvoorlichtingsdiens* 5, 11: 518-522.

#### ***Niet-gepubliceerde bronnen***

Brussel, P.C.M., 1980. *Winderosie en de Veenkoloniën*. Wageningen. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Nota 1169.

Knaap, W.C.A. van der en F.A. Wopereis, 1987. *De interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse takken van tuinbouw en recreatieve bodemgebruiksvormen*. Wageningen, STIBOKA. Interne Mededeling nr. 83.



## **Aanhangsel 1 Landinrichtingsprojecten waarvoor BOPAK-bestanden beschikbaar zijn**

### ***Verklaring van de cijfers in de kopregel van het overzicht***

- (1) provincie
- (2) nummer van het landinrichtingsproject (centraal registratienummer)
- (3) naam van het landinrichtingsproject
- (4) oppervlakte van het landinrichtingsproject
- (5) schaal van het bodemgeografisch onderzoek
- (6) jaar waarin het bodemgeografisch onderzoek is gestart
- (7) jaar van oplevering van het bodemgeografisch onderzoeksrapport
- (8) rapportnummer
- (9) aanwezigheid van bestand met digitale topografische ondergrond
- (10) vormen van grondgebruik waarvoor bodemgeschiktheidsclassificatie is uitgevoerd (WIB)
- (11) afgeleide gegevens

### ***Afkortingen in het overzicht***

#### ***Kolom 10 (WIB; Werksysteem Interpretatie Bodemkaarten): bodemgebruiksvormen***

AK	akkerbouw
BO	bosbouw
BB	bloembollenteelt
BK	boomkwekerij
FR	fruitteelt
MS	maisteelt
TG	tuinbouw onder glas
TV	tuinbouw in de volle grond
WE	weidebouw

#### ***Kolom 11 Afgeleide gegevens***

ZDBE	begindiepte zandondergrond (cm - mv.) voor punten
ZDKL	traject van begindiepte zandondergrond (klasse) voor vlakken
TDBE	begindiepte oude klei-ondergrond (cm - mv.) voor punten
TDKL	traject van begindiepte oude-klei-ondergrond (klasse) voor vlakken

**Overzicht van landinrichtingsprojecten waarvoor BOPAK-bestanden beschikbaar zijn**

(Stand van zaken per 31 oktober 1995)

prov.	cr-nr	naam	opp.	schaal	start	oplev.	rap.nr.	top	WIB	afg.geg.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
GR	5199	Haren	4649	10000	1987	1989	1991	J	-	ZDBE, ZDKL
GR	5185	Lutjegast-Doezum	2527	10000	1985	1986	1868	J	-	ZDBE, ZDKL
FR	5152	Doniawerstal	4583	10000	1980	1983	1507	-	-	ZBDE, ZDKL
FR	5250	Swette-de Burd	2270	10000	1994	1995	375	J	-	-
DR	5179	Roden-Norg	14452	10000	1983	1985	1733	-	AK, WE	ZDBE, ZDKL
OV	5251	Enschede-noord	3846	10000	1993	1994	329	J	-	-
OV	5231	Enschede-zuid	5573	10000	1990	1992	148	J	-	-
OV	5218	Enter	4433	10000	1989	1990	88	J	AK, WE	-
OV	5256	Losser-noord	3350	10000	1994	1995	400	J	-	-
OV	5245	Olst-Wesepe	4110	10000	1992	1993	248	J	-	-
OV	5208	Rijssen	3438	10000	1988	1990	88	J	AK, WE	-
OV	5161	Rossum-oost/Volthe	1436	10000	1981	1983	1596	-	WE, MS	ZDBE, ZDKL
OV	5171	Rouveen	6000	10000	1982	1985	1661	-	WE	ZDBE, ZDKL
OV	5200	Saasveld-Gammelke	2999	10000	1987	1991	20	J	WE, MS	-
OV	5232	Stadsrand Zwolle	1460	10000	1990	1991	161	J	BO	-
GE	5189	Duiven-Westervoort	2665	10000	1986	1987	1913	J	AK, WE, BO, TV, TG	ZDBE, ZDKL
GE	5234	Halle-Wolfersveen	2892	10000	1993	1995	331	J	-	-
GE	5195	Hupsel-Zwolle	4695	10000	1993	1993	328	J	-	ZDBE, ZDKL TDBE, TDKL
GE	5209	Land van Maas en Waal	8826	25000	1988	1990	350	J	-	ZDBE, ZDKL
GE	5222	Nijkerk-Putten	5589	10000	1989	1990	54	J	-	-
GE	5233	Ochten-Opheusden	2539	10000	1990	1991	165	J	FR, BK	-
GE	5186	Ooypolder	4852	10000	1986	1992	215	J	AK, WE, TV, FR	ZDBE, ZDKL
UT	5247	Groenraven-oost	3982	10000	1992	1993	249	J	-	-
UT	5187	Noorderpark	5540	10000	1985	1987	1887	J	WE	ZDBE, ZDKL
NH	5248	Bergen-School	5079	10000	1993	1995	324	J	BB, WE	-
NH	5165	Gouw, de	7085	10000	1981	1982	1597	-	WE, TV, BB	ZDBE, ZDKL
ZH	5174	IJsselmonde	5546	10000	1982	1985	1662	-	AK, WE, BO, TV	ZDBE, ZDKL
ZH	5182	Krimpenerwaard	12975	25000	1984	1986	1736	-	WE	-
ZH	5203	Leidschendam-Nootdorp	5105	25000	1987	1990	220	J	WE, BO	-
ZH	5211	Oude Leede	3022	25000	1987	1990	22	J	WE, BO	-
ZE	5259	Inkel	3433	10000	1994	1995	410	J	FR	-
NB	5261	Agger	4582	10000	1994	1995	405	J	-	-
NB	5158	Goirle	1032	10000	1980	1981	1500	-	AK, WE	-
NB	5159	Hilver, de	9580	10000	1980	1982	1503	-	AK, WE	-
NB	5235	Leijen-oost, de	6323	25000	1990	1991	1450	J	TV	-
NB	5241	Leijen-west, de	6116	25000	1991	1992	2140	J	TV	-
NB	5210	Rosmalen-Empel	2925	10000	1989	1990	2036	J	-	ZDBE, ZDKL
NB	5190	Teteringen	1187	10000	1986	1988	1905	J	WE	-
NB	5204	Ulvenhout-Galder	2644	10000	1987	1989	1981	J	-	-
NB	5183	Weerijis	4951	15000	1984	1986	1737	-	WE, TV	-

## Vervolg

prov. (1)	cr-nr (2)	naam (3)	opp. (4)	schaal (5)	start (6)	oplev. (7)	rap.nr. (8)	top (9)	WIB (10)	afg.geg. (11)
LI	5194	Beek	652	10000	1986	1988	1994	J	AK, WE, FR	-
LI	5205	Centraal Plateau	6995	25000	1987	1988	1994	J	AK, WE, BO, FR	-
LI	5188	Mergelland-oost	8712	10000	1985	1988	1889	J	AK, WE, BO	-

## **Aanhangsel 2 BOPAK-gegevens in de tabellen boorpunt, horizont, kaartvlak en kaarteenheid**

Hierna volgen vier tabellen uit het BOPAK-ORACLE-databestand. Elke tabel bevat de namen en omschrijvingen van de elementen, waaronder de waarden van bodemeigenschappen en -kenmerken worden opgeslagen. Met een (\*) is aangegeven welk element ook in een andere tabel voorkomt (koppel-element).

### ***Tabel boorpunt***

#### *algemene informatie van boorpunten*

CR_NR	nummer van het landinrichtingsproject
BOOR_NR	(*) nummer van het boorpunt (veldkaart+volgnummer)
PUNT_ID	uniek nummer voor het punt (CR_NR+BOOR_NR)
VLAK_NR	(*) nummer voor een vlak (LD-vaknummer+volgnummer)
TKRT_C	bladnummer van de topografische kaart 1 : 25 000
KARTEERDER	initialen van de karteerder
JAAR	jaar waarin de boring is uitgevoerd
MAAND	maand waarin de boring is uitgevoerd
KROON	boring typerend voor de kaarteenheid
HOOGTE	hoogte ten opzichte van NAP van het maaiveld nabij het boorpunt
BODEM_C	code voor het bodemgebruik of cultuurtoestand nabij het boorpunt
STPC_VOOR	standaardpuntencode: toevoeging voor (kenmerk van de bovengrond)
STPC_SUB	standaardpuntencode: subgroepdeel (subgroep bodemclassificatie)
STPC_CIJF	standaardpuntencode: cijferdeel (textuur, profielverloop, veen)
STPC_KALK	standaardpuntencode: kalkverloop
STPC_ACHT	standaardpuntencode: toevoeging achter (kenmerk in de ondergrond)
STPC_VERG	standaardpuntencode: vergravingen (E, F, G en H)
GHG	geschatte GHG
GLG	geschatte GLG
STPC_GT	standaardpuntencode: Gt
BEW	geschatte bewortelbare diepte in cm - mv.
KOLOM_A	code aanvullend gegeven
KOLOM_B	code aanvullend gegeven

### ***Tabel HORIZONT***

#### *informatie over de horizonten*

CR_NR	nummer van het landinrichtingsproject
BOOR_NR	(*) nummer van het boorpunt
LAAG_NR	laagnummer van een horizont
BOVENGRENS	bovengrens van een horizont
ONDERGRENS	ondergrens van een horizont

HOR_CODE	code van een horizont
MENGVERH	getal voor het aandeel van de horizont in de vergraven laag
ORG_STOF	geschat percentage organische stof
AARD_ORG	aard van de organische stof bij humushoudende zandbovengronden
VEEN_C	code van de veensoort
LUTUM	geschat percentage lutum
LEEM	geschat percentage leem
M50	geschatte mediaan van de zandfractie
KALK	aanduiding kalkhoudendheid
RIJPING	rijpingsklasse
GEO_FOR_C	code voor geologische informatie
K_VERZ	geschatte verzadigde doorlatendheid
KOLOM_C	code voor aanvullend gegeven
KOLOM_D	code voor aanvullend gegeven
OPMERKING	opmerking bij een horizont

### ***Tabel KRTVLAK***

*informatie per kaartvlak*

CR_NR	nummer van het landinrichtingsproject
VLAK_NR	(*) nummer voor het vlak (LD-vaknummer+volgnummer)
VLAK_ID	uniek nummer voor het vlak (CR_NR+VLAK_NR)
KE_NR	(*) nummer van de kaarteenheid van het kaartvlak
VLAK_OPP	oppervlakte van het kaartvlak
LAND_AO	percentage van de oppervlakte in gebruik als bouwland
LAND_GO	percentage van de oppervlakte in gebruik als grasland
LAND_OV	percentage van de oppervlakte niet in gebruik als gras- of bouwland
VLAK_GHG	GHG berekend uit GHG op boorpunten in het kaartvlak
VLAK_GLG	GLG berekend uit GLG op boorpunten in het kaartvlak
VLAK_BEW	bewortelbare diepte berekend uit BEW op boorpunten in het kaartvlak
VLAK_BOVGR	dikte van de humushoudende bovengrond

### ***Tabel KRTEENHEID***

*informatie per kaarteenheid*

CR_NR	nummer van het landinrichtingsproject
KE_NR	(*) nummer van de kaarteenheid
KEPR_VOOR	kaarteenheidcode: toevoeging voor
KEPR_LET	kaarteenheidcode: letterdeel
KEPR_CIJF	kaarteenheidcode: cijferdeel
KEPR_KALK	kaarteenheidcode: kalkverloopklasse
KEPR_ACHT	kaarteenheidcode: toevoeging achter

KEPR_VERG	kaartenheidcode: vergraving
KEPR_GT	kaartenheidcode: Gt
KE50_VOOR	kaartenheidcode 1 : 50 000: toevoeging voor
KE50_LET	kaartenheidcode 1 : 50 000: letterdeel
KE50_CIJF	kaartenheidcode 1 : 50 000: cijferdeel
KE50_KALK	kaartenheidcode 1 : 50 000: kalkverloopklasse
KE50_ACHT	kaartenheidcode 1 : 50 000: toevoeging achter
KE50_VERG	kaartenheidcode 1 : 50 000: code vergraving
KE50_GT	kaartenheidcode 1 : 50 000: Gt
KE_OPP	oppervlakte van de kaartenheid
HELP_CODE	HELP-bodemcode
AFW_HELP	aanduiding voor gebruik van correctiefactoren in BODEP
GHG	geschatte GHG
MIN_GHG	ondergrens van de geschatte GHG
MAX_GHG	bovengrens van de geschatte GHG
GLG	geschatte GLG
MIN_GLG	ondergrens van de geschatte GLG
MAX_GLG	bovengrens van de geschatte GLG
BEW	geschatte bewortelbare diepte
MIN_BEW	ondergrens van de geschatte bewortelbare diepte
MAX_BEW	bovengrens van de geschatte bewortelbare diepte
BOVGR	dikte van de humushoudende bovengrond
MIN_BOVGR	ondergrens van de dikte van de humushoudende bovengrond
MAX_BOVGR	bovengrens van de dikte van de humushoudende bovengrond
ORG	percentage organische stof van de humushoudende bovengrond
LUTUM	geschat percentage lutum in de humushoudende bovengrond
LEEM	geschat percentage leem in de humushoudende bovengrond
M50	geschatte mediaan van de zandfractie in de humush. bovengrond
KALK	aanduiding kalkhoudendheid
AARD_BOV	aanduiding aard van de bovengrond
LAND_AO	percentage van de oppervlakte in gebruik als bouwland
LAND_GO	percentage van de oppervlakte in gebruik als grasland
LAND_OV	percentage van de oppervlakte niet in gebruik als gras- of bouwland