

30.000 1.000.000

De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Graspeel

Resultaten van een bodemgeografisch onderzoek

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

J.M.J. Dekkers

Rapport 517

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1997



26 JUNI 1997

+ 2e druk
+ 5. edit.

in 942017

REFERAAT

Dekkers, J.M.J., 1997. *De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Graspeel; resultaten van een bodemgeografisch onderzoek*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 517. 68 blz.; 4 fig.; 11 tab.; 6 aanh.; 4 kaarten; 1 bijl.

Het landinrichtingsgebied Graspeel bestaat grotendeels uit pleistocene afzettingen. Op de fluviatiele afzettingen van de Maas (Formatie van Veghel) liggen fluvioperiglaciale en eolische afzettingen (Formatie van Twente). Op enkele plaatsen in het noordoosten komt een dunne laag holocene beekleem voor. Vrij veel gronden hebben door potstalbemesting een dikke minerale eerdlaag gekregen. Binnen de zandgronden zijn podzolgronden (veldpodzol- en laarpodzolgronden) en eerdgronden (gooreerd-, beekerd- en enkeerdgronden) onderscheiden. Veruit het grootste deel van het gebied bestaat uit droge tot zeer droge gronden (grondwatertrap VIo, VIId en VIId).

Trefwoorden: bodemkartering, bodemkunde, geologie, grondwaterstand

ISSN 0927-4499

©1997 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.

Project 5858

Rap517.AMW/02-97

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Doel en opzet van het bodemgeografisch onderzoek	11
1.2 Overzicht van rapport en kaarten	12
2 Fysiografie	13
2.1 Ligging en oppervlakte	13
2.2 Geogenese	13
2.3 Bodemvorming	16
2.4. Bodem en landschap	16
2.5 Cultuurhistorie	17
2.6 Huidige afwatering	19
3 Bodemgeografisch onderzoek en digitale verwerking/manipulatie van bodemkundige gegevens	21
3.1 Bodemgeografisch onderzoek	21
3.2 Toetsing aan meetresultaten	23
3.2.1 Bemonstering en laboratoriumanalyse	23
3.2.2 Grondwaterstandsmetingen	23
3.2.2.1 Meetpunten en meetresultaten.	23
3.2.2.2 Berekening van de GHG en GLG van een buis in Schaijk (SCH).	26
3.3 Indeling van de gronden	26
3.4 Indeling van het grondwaterstandsverloop	27
3.5 Opzet van de legenda	27
3.6 Digitale verwerking/manipulatie van bodemkundige gegevens	27
3.7 Verwerking van bodemkundige gegevens tot rekengegevens	28
3.7.1 Algemene en bodemkundige gegevens	29
3.7.2 Effectieve wortelzone	29
3.7.3 Vocht karakteristieken van de effectieve wortelzone	29
3.7.4 Ondergrondtype en drainage-weerstand	30
3.7.5 Huidige hydrologische situatie	31
4 Bodemgesteldheid; beschrijving van de bodem- en grondwater-trappenkaart, resultaten van laboratoriumanalyses en grondwaterstandsberekeningen, en geologische dwarsdoorsneden	33
4.1 Zandgronden	33
4.1.1 Podzolgronden	34
4.1.1.1 Veldpodzolgronden	34
4.1.1.2 Laarpodzolgronden	35
4.1.2 Eerdgronden	37
4.1.2.1 Gooreerdgronden	37

4.1.2.2 Beekeerdgronden	39
4.1.2.3 Enkeerdgronden	41
4.2 Toevoegingen	42
4.3 Vergravingen	43
4.4 Overige onderscheidingen	43
4.5 Resultaten van de laboratoriumanalyses	44
4.6 Resultaten van de grondwaterstandsberekeningen en conclusies	44
4.7 Grondwatertrappen	45
4.8 Geologische dwarsdoorsneden	47
Literatuur	49

Aanhangsels

1 Grondmonsteranalyses	51
2 Gemeten grondwaterstanden (cm - mv.) in buizen van Waterschap De Maaskant	53
3 Gemeten grondwaterstanden (cm - mv.) van SC-buizen, en de buizen L21 en SCH	57
4 Oppervlakte (ha en %) van de eenheden op de bodem- en grondwatertrappenkaart	59
5 Vergelijking van de codering van de legenda-eenheden op de bodemkaart, schaal 1 : 25 000 (kaart 1), met die van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000	61
6 Rekengegevens van de berekening van opbrengstveranderingen	63

Kaarten

- 1 Bodemkaart, schaal 1 : 25 000
- 2 Grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 25 000
- 3 Boorpuntenkaart, schaal 1 : 25 000
- 4 Kaart met geologische dwarsdoorneden

Bijlage

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.

Woord vooraf

In opdracht van de Dienst Landelijk Gebied in de provincie Noord-Brabant te Tilburg heeft DLO-Staring Centrum de bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Graspeel* in kaart gebracht. Het bodemgeografisch onderzoek hiervoor werd in 1996 uitgevoerd.

Het onderzoek is verricht door J.M.J. Dekkers die tevens de gegevens heeft verwerkt en het rapport heeft samengesteld. De verwerking van bodemkundige gegevens tot rekengegevens is uitgevoerd door H.R.J. Vroon.

De organisatorische leiding van het project had het hoofd van de sectie Veldbodemkunde drs. J.A.M. ten Cate.

DLO-Staring Centrum bedankt de grondgebruikers en grondbeheerders in het landinrichtingsgebied die haar medewerker toestemming verleenden om er onderzoek te verrichten.

* Het betreft een ruilverkaveling met een administratief karakter (RAK). In dit rapport zal het gebied steeds als landinrichtingsgebied Graspeel worden aangeduid.

Samenvatting

In opdracht van de Dienst Landelijk Gebied in de provincie Noord-Brabant te Tilburg heeft DLO-Staring Centrum de bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Graspeel in kaart gebracht. De resultaten hiervan zijn vastgelegd in dit rapport en in een digitaal (BOPAK)bestand. Het bodemgeografisch onderzoek werd uitgevoerd in het najaar van 1996.

Het doel van het onderzoek was gegevens aan te leveren voor de planvorming en uitvoering hiervan (o.a. de eerste schatting).

Het gebied ligt in het noordoosten van Noord-Brabant en maakt deel uit van de gemeenten Landerd en Uden. De totale oppervlakte bedraagt 2206 ha.

Tijdens het bodemgeografisch onderzoek is van 1 boring per 3 ha een beschrijving gemaakt van de profielopbouw. De gronden zijn in het veld gedetermineerd volgens het Systeem van Bodemclassificatie voor Nederland (De Bakker en Schelling, 1989). In de legenda zijn de gronden op het hoogste niveau ingedeeld in zandgronden. Op het laagste niveau zijn bodemvorming en dikte, aard en textuur van de humushoudende bovengrond belangrijke indelingscriteria geweest. Met behulp van grondmonsteranalyse-uitslagen zijn de schattingen van textuur en organische stof (humus) getoetst. Het grondwaterstandsverloop is ingedeeld met grondwatertrappen die het gemiddelde traject van de grondwaterstanden weergeven. Met behulp van grondwaterstandsmetingen in buizen en boorgaten zijn de schattingen van GHG en GLG, voor zover dit mogelijk was, getoetst.

De afzettingen die in dit gebied aan of nabij het oppervlak voorkomen, dateren uit het Pleistoceen en Holocene. De pleistocene afzettingen bestaan uit fluviaatiele afzettingen van de Maas (Formatie van Veghel; Midden-Pleistoceen) en eolische (dekzand) en fluvioperiglaciale afzettingen (Formatie van Twente; Laat-Pleistoceen). De holocene afzettingen (dunne leemlagen) zijn beekafzettingen uit het Holocene. Deze afzettingen, die voornamelijk in het noordoosten van het gebied voorkomen, behoren tot de Formatie van Singraven.

Nadat het materiaal was afgezet, hebben zich hierin verschillende bodemvormende processen afgespeeld, die uiteindelijk resulteerden in de bodems zoals ze er nu uitzien. De belangrijkste bodemvormende processen zijn omzettingsprocessen (o.a. humusvorming) en verplaatsingsprocessen (o.a. podzolering, gleyvorming en antropogene invloeden).

Het gebied ligt in het zuidwesten op circa 21 m + NAP en in het noordoosten op circa 15 m + NAP. Ruim 1400 ha van het gebied bestaat uit jonge ontginningsgronden en ruim 400 ha uit oude tot oudere ontginningsgronden. De laatstgenoemde worden hoofdzakelijk in de omgeving van de oude bewoningskernen aangetroffen. Archeologische sporen zijn in het gebied niet aangetroffen.

Het gebied watert via gegraven sloten af. Het noordelijke deel van het gebied watert af op de Hooze Raam, het centrale deel op de Graspeelloop en het zuidelijke deel op het Defensiekanaal.

De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven op de bodemkaart (kaart 1). Naast informatie over de profielopbouw zijn op deze kaart ook de grondwatertrappen aangegeven. Tevens is een aparte grondwatertrappenkaart vervaardigd (kaart 2). Op de boorpuntenkaart zijn plaats en nummer van de beschreven boringen aangegeven (kaart 3). Alle kaarten zijn op schaal 1 : 25 000. De bodem- en grondwatertrappenkaart, de boorgegevens en de gegevens per kaarteenheden zijn tevens opgeslagen in een digitaal bestand. Ze kunnen met behulp van een computerprogramma (BOPAK), ontwikkeld voor de Landinrichtingsdienst en DLO-Staring Centrum, worden aangeroepen. Er zijn in totaal 8 legenda-eenheden onderscheiden. Per legenda-eenheid is een profielschets gemaakt waarin de dikte van de voorkomende bodemhorizonten en de textuur van het materiaal staan aangegeven. Uit de resultaten van dit onderzoek zijn met behulp van aanvullende gegevens tabellen samengesteld met rekengegevens waaruit opbrengstveranderingen kunnen worden afgeleid.

De gronden zijn onderverdeeld in veldpodzolgronden (996,6 ha), laarpodzolgronden (190,3 ha), dunne gooreerdgronden (214,3 ha), matig dikke gooreerdgronden (39,5 ha), bekeerdgronden (227,9 ha) en enkeerdgronden (185,3 ha).

Er zijn twee toevoegingen gebruikt; zij geven kenmerken van de bodem aan die niet als indelingscriteria zijn gebruikt. Beide hebben betrekking op het voorkomen van grof zand en/of grind. Genoemd materiaal beginnend binnen 40 cm - mv. komt over een oppervlakte van circa 258 ha voor. Over een oppervlakte van ongeveer 1103 ha komt dit materiaal tussen 40 en 150 cm - mv. voor. Er is één vergravingsymbool gebruikt en wel voor afgegraven gronden (ontgronding). Dit komt voor over een oppervlak van circa 21 ha.

Er zijn 6 grondwatertrappen (Gt) onderscheiden. De natste gronden met Gt IIIa komen slechts over oppervlakte van 2,2 ha voor, Gt IIIb bij 273,7 ha, Gt IVu bij 306,2 ha, Gt VIo bij 737,2 ha, Gt VIIId bij 317,3 ha en Gt VIIId bij 217,9 ha. Resumerend kan men zeggen dat de oppervlakte gronden die laag tot vrij laag is gelegen ten opzichte van het grondwater (Gt IIIa en IIIb), beperkt blijft tot 275,9 ha = 12,4%. De overige gronden zijn vrij hoog tot zeer hoog gelegen ten opzichte van het grondwater.

De overige onderscheidingen beslaan een oppervlakte van 352,2 ha en bestaan uit bebouwing, voormalige spoorweg, bos en voormalige stortplaats.

Uit de geologische dwarsdoorsneden blijkt o.a. dat de grondwaterstroming voor het grootste gedeelte van het gebied van west naar oost verloopt. In het westelijk deel van het gebied vindt de grondwaterstroming westwaarts plaats. Van de voorkomende breuken is aan de oppervlakte nauwelijks iets merkbaar. Een storing in het grondwaterstandsverloop die duidt op "wijst", is alleen over een kleine oppervlakte ten noorden van Duifhuis waargenomen.

1 Inleiding

1.1 Doel en opzet van het bodemgeografisch onderzoek

Bij de voorbereiding en uitvoering van een landinrichtingsproject zijn bodemkundige en hydrologische gegevens van belang bij de planvorming, de evaluatie en de nadere afweging van belangen in de voorbereidingsfase en de schatting van de gronden in de uitvoeringsfase.

Het doel van het bodemgeografisch onderzoek in het landinrichtingsgebied Graspeel was de bodemgesteldheid in kaart brengen op schaal 1 : 25 000. Onder bodemgesteldheid verstaan we:

- de opbouw van de bodem tot 1.50 m - mv.;
- de aard, samenstelling en eigenschappen van de bodemhorizonten;
- het grondwaterstandsverloop.

Verschillen en overeenkomsten in de bodemgesteldheid gaan dikwijls samen met zichtbare verschillen en overeenkomsten in het landschap, omdat beide onder invloed van dezelfde omstandigheden zijn ontstaan. Daarvoor is het mogelijk de verbreiding ervan in vlakken op een kaart vast te leggen.

Bij het onderzoek hebben we gebruik gemaakt van reeds eerder verzamelde gegevens:

- Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, de bladen 45 Oost 's-Hertogenbosch, 46 West en 46 Oost, Vierlingsbeek (1976);
- Geomorfologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, blad 45 's-Hertogenbosch (Kleinsman et al., 1983);
- Historische Atlas Noord-Brabant met chromotopografische kaarten, schaal 1 : 25 000 die in 1895 zijn verkend (1989);
- Topografische kaart, schaal 1 : 50 000 (1837).

De geologische gegevens zijn ontleend aan de Toelichting bij Geologische Overzichtskarten van Nederland (Zagwijn en Van Staalduinen, 1975) en de toelichting bij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (1976). Om inzicht te krijgen in het ontstaan van bodem en landschap hebben we eveneens informatie ontleend aan de toelichting bij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (1976).

Bij het veldbodemkundig onderzoek hebben we gegevens verzameld over de bodemgesteldheid door aan bodemprofielmonsters de profielopbouw van de gronden tot minimaal 1,50 m en maximaal 3,00 m - mv. vast te stellen. Van elke horizont zijn de dikte, de aard van het materiaal, het organische-stofgehalte en de textuur gemeten of geschat. Verder is per boorpunt het grondwaterstandsverloop geschat en is de grondwaterstand gemeten. De puntsgewijs verzamelde resultaten en de waargenomen veld- en landschapskenmerken, alsmede de topografie, stelden ons in staat in het veld de verbreiding van de gronden in kaart te brengen.

Methode, resultaten en conclusies van ons onderzoek zijn beschreven of weergegeven in het rapport en op 4 kaarten. Rapport en kaarten vormen een geheel en vullen elkaar aan. Het is daarom van belang rapport en kaarten gezamenlijk te raadplegen.

1.2 Overzicht van rapport en kaarten

Het rapport heeft de volgende opzet. In hoofdstuk 2 geven we in het kort informatie over de ligging van het landinrichtingsgebied Graspeel (2.1). Vervolgens wordt in dit hoofdstuk in het kort ingegaan op een aantal aspecten die nauw samenhangen met de bodemgesteldheid: geogenese, bodemvorming, bodem en landschap, cultuurhistorie en huidige ontwatering. In hoofdstuk 3 beschrijven we de methode van het bodemgeografisch onderzoek, de indeling van de gronden, de indeling van het grondwaterstandsverloop, de opzet van de legenda, de digitale verwerking/manipulatie van bodemkundige gegevens en de verwerking van bodemkundige gegevens tot rekengegevens. In hoofdstuk 4 geven we de resultaten van het onderzoek weer in een toelichting op de bodemkaart, laboratoriumanalyses, grondwaterstandsberekeningen, grondwatertrappenkaart en geologische dwarsdoorsneden. We vatten de resultaten van het onderzoek samen in de vorm van tabellen met gegevens per kaarteenheden en met profielschetsen van de belangrijkste kaarteenheden.

In de aanhangsels zijn de volgende gegevens opgenomen:

- 1 grondmonsteranalyses;
- 2 gemeten grondwaterstanden in buizen van Waterschap De Maaskant;
- 3 gemeten grondwaterstanden in buizen van DLO-Staring Centrum (SC-buizen), NITG-TNO (L-buis) en J.M.J. Dekkers te Schaijk (SCH-buis);
- 4 oppervlakten van de legenda-eenheden van de bodem- en grondwatertrappenkaart;
- 5 vergelijking van de codering van de legenda-eenheden op de bodemkaart van Graspeel, schaal 1 : 25 000 (kaart 1), met die van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000;
- 6 rekengegevens voor berekening van opbrengstdepressies.

Bij het rapport behoren 3 kaarten, schaal 1 : 25 000 (kaart 1,2 en 3) en een kaart met dwarsdoorsneden (kaart 4):

- 1 bodemkaart, waarop de bodemgesteldheid tot 1,50 m - mv. is weergegeven;
- 2 grondwatertrappenkaart, waarop het aspect grondwaterstandsverloop van de bodemkaart apart is weergegeven;
- 3 boorpuntenkaart met de ligging en nummering van de beschreven bodemprofielmonsters;
- 4 geologische dwarsdoorsneden.

In de bijlage (rapport 157 van Brouwer, Ten Cate en Scholten, 1996) wordt uitvoerig ingegaan op het bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden met name op bodemvorming, methoden en begrippen. In dit rapport wordt regelmatig naar deze bijlage verwezen.

2 Fysiografie

2.1 Ligging en oppervlakte

Het landinrichtingsgebied Graspeel ligt in het noordoosten van de provincie Noord-Brabant (fig. 1). Het gebied ligt in de gemeenten Landerd en Uden. De totale oppervlakte bedraagt 2206 ha. De topografie van het gebied staat afgebeeld op de bladen 45F en 45H van de topografische kaart van Nederland, schaal 1 : 25 000.

2.2 Geogenese

Het gehele gebied ligt op de Peelhorst. De Peelhorst is ontstaan door een aantal van zuidoost naar noordwest verlopende breuken, waarlangs afschuivingen hebben plaatsgevonden. De voornaamste breuk is de Peelrandbreuk die enkele kilometers ten westen van het onderzoeksgebied ligt. Deze breuk vormt de scheiding met de Centrale Slenk. De oostgrens van de Peelhorst wordt gevormd door de Slenk van Venlo, waarin het huidige Maasdal is gelegen.

Aan of nabij de oppervlakte komen fluviatiele, fluvioperiglaciale en eolische afzettingen voor, alsmede zeer lokaal beekafzettingen. De fluviatiele afzettingen (Maasafzettingen) dateren uit het Midden-Pleistoceen en behoren tot de Formatie van Veghel (tabel 1). Deze afzettingen bestaan veelal uit grove, min of meer grindrijke zanden. Deze zanden komen plaatselijk aan de oppervlakte voor en over een groot gedeelte ondieper dan 1,50 m - mv. De fluvioperiglaciale en eolische afzettingen dateren uit het Laat-Pleistoceen en behoren tot de Formatie van Twente. De fluvioperiglaciale afzettingen (smeltwaterafzettingen) zijn voornamelijk tijdens het Midden-Weichselien gesedimenteerd en bestaan uit zwak en sterk lemig, zeer fijn en matig fijn zand. Het eolische materiaal is voornamelijk afgezet in het Laat-Weichselien en bestaat uit leemarm tot zwak lemig, matig fijn zand (dekzand). Het dekzand wordt in vrijwel het gehele gebied aan de oppervlakte aangetroffen. De dikte van de Formatie van Twente varieert van enkele decimeters tot plaatselijk meer dan 3 m. Het onderscheid tussen beide typen afzettingen is niet altijd duidelijk.

In het noordoosten van het gebied ligt een beekdalachtige depressie die de bovenloop van de Hooge Raam vormt. Zeer waarschijnlijk is deze laagte ontstaan door solifluctie en erosie van smeltwaterstromen tijdens het Weichselien. In deze periode heeft sedimentatie van leemhoudend zand plaats gevonden (fluvioperiglaciale afzettingen) en zijn later in het Holocene hier en daar dunne beekleemlagen afgezet, die behoren tot de Formatie van Singraven. Meestal is het materiaal ijzerrijk; op enkele plaatsen is zelfs ijzeroer aangetroffen. In het Holocene zijn plaatselijk zanden verwaaid, waardoor stuifzandgebieden zijn ontstaan. De buiten het onderzoek gelegen Trentsche Bosschen behoren hiertoe. Het stuifzand van de Trentsche Bosschen bestaat uit leemarm, matig fijn zand en behoort tot de Formatie van Kootwijk.

Voor een uitgebreide beschrijving van de geologie verwijzen we naar Zagwijn en

Van Staalduinen (1975), alsmede naar de toelichting bij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, de bladen 45 Oost, 's Hertogenbosch, 46 West en 46 Oost Vierlingbeek (1976).

Tabel 1 Stratigrafisch overzicht van de beschreven afzettingen

Tijdsindeling					C-14 jaren	Lithostratigrafie				
KENOZOICUM	KWARTAIR	HOLOCEEN	Subatlanticum		2 900	Formatie van Kootwijk (stuifzand)				
			Subboreaal							
			Atlanticum		5 000	Formatie van Singraven (klei en leem, beekafzettingen)				
			Boreaal		8 000					
			Praeboreaal		9 000					
		PLEISTOCEN	LAAT-	WEICHSELIEN*	LAAT- (Laat-glaciaal)	Late Dryas Stadiaal		10 000	Jong dekzand	
						Allerød Interstadiaal				11 000
						Vroege Dryas Stadiaal				12 000
						Bølling Interstadiaal				12 800
										13 000
										29 000
										50 000
										58 000
						VROEG- (Vroeg-glaciaal)				
							MIDDEN- (Pleniglaciaal)			Laat- Midden- Vroeg-
				EEMIEN						
				MIDDEN-	SAALIEN*	Laat-				
						Midden-				
						Vroeg-				
			HOLSTEINIEN							
			ELSTERIEN*							
			CROMERIEN**							
			VROEG-							
							Formatie van Twente	Oud dekzand afgewisseld met löss en/of leemlagen en smeltwaterzanden (fluvioperiglaciale afzettingen)		
							Formatie van Veghel			

* koude tijd
** tenminste 4 warme en 3 koude tijden

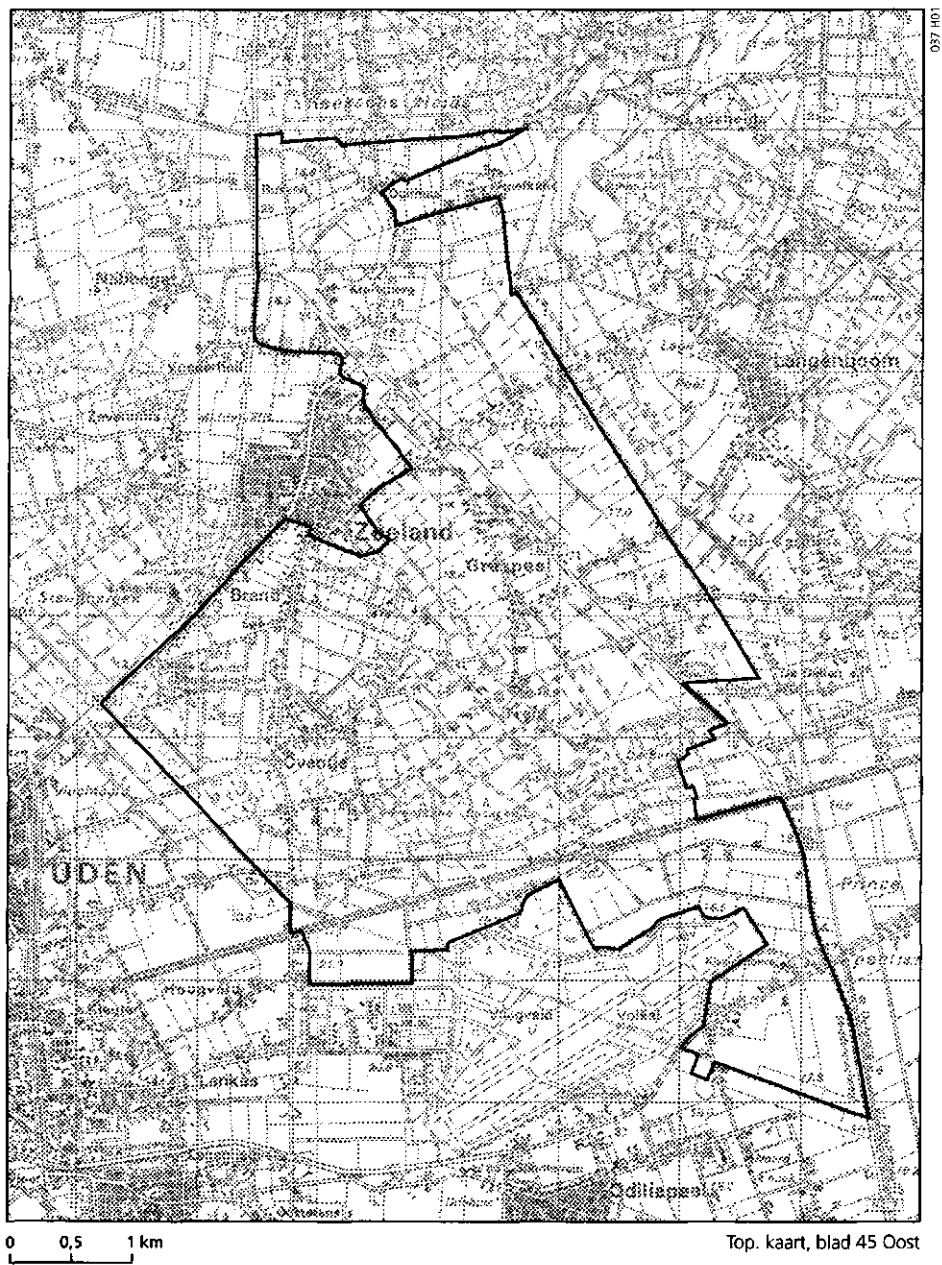


Fig. 1 Ligging van het landinrichtingsgebied Graspeel

2.3 Bodemvorming

De volgende bodemvormende processen hebben een rol gespeeld bij het ontstaan van de bodems in het gebied Graspeel:

- omzettingsprocessen:
 - humusvorming;
 - silicaatvorming;
 - ferrolyse;
- verplaatsingsprocessen:
 - podzolering;
 - gleyvorming;
 - homogenisatie;
 - anthropogene invloeden.

Voor een bespreking van deze processen wordt verwezen naar de bijlage (rapport 157 van Brouwer, Ten Cate en Scholten, 1996, hoofdstuk 1).

2.4. Bodem en landschap

Het gebied helt van zuidwest naar noordoost. Nabij Oventje is de hoogte circa 21 meter + NAP en in het noordwesten nabij Hoefkens circa 15 meter + NAP. Naast deze algemene helling komen lokale hoogteverschillen voor. Deze zijn meestal veroorzaakt door dikkere pakketten dekzand of door gronden die zijn opgehoogd met potstalmest. Bij de ontginning heeft de mens zich aan de bestaande verschillen in reliëf, afwatering en bodemgesteldheid aangepast en een cultuurlandschap gecreëerd dat bij de bestaande vormen aansloot. We kunnen oude en jonge ontginningsgronden onderscheiden. De oude ontginningsgronden vinden we nabij de gehuchten Duifhuis, Kreitsberg, Voederheil, Brand, Oventje, Graspeel en Trent. De jonge ontginningsgronden treffen we verspreid aan tussen de oude ontginningsgronden en in min of meer aaneengesloten oppervlakten ten oosten van de Peelweg en ten noorden en ten zuiden van de Trentsche Bosschen tot aan de zuidgrens van het gebied.

In het zuidelijk deel van het gebied ligt een voormalige spoorlijn. De spoorlijn is destijds aangelegd door de Noord-Brabants Deutsche Spoorweg Maatschappij (NBDS), opgericht op 28-05-1869. De motivering bij de ingediende aanvraag van de spoorwegplannen aan de Nederlandse regering en aan de Provinciale Staten van Noord-Brabant was: "Als internationale lijn zal zij de havensteden der Noordzee zoals Rotterdam, Vlissingen en Antwerpen in directe verbinding brengen langs het kortste tracé met de havens aan de Oostzee, alsook met Berlijn en de gehele richting tot aan de Russische en Turkse grenzen". Tevens zou de regionale industrie hiervan profiteren alsook de talloze bedevaartgangers uit Brabant en Noord-Limburg naar Kevelaer. In 1873 is de lijn gereedgekomen en drie maanden daarna gingen al twaalf treinen met bedevaartgangers naar Kevelaer, omstreeks 1890 dertig en in 1900 gemiddeld zestig. In 1907 passeerde dagelijks een extra trein vanaf de Russische grens met honderden landverhuizers die naar Amerika gingen. Ook in 1914 tijdens de eerste wereldoorlog werd de lijn gebruikt voor uitwisseling van burgers en

krijgsgevangenen van de oorlogvoerende landen. De Vlissingse route had de naam van Nederland hoog te houden om in het tragische oorlogsjaar 1914-1915 gestrande Amerikanen te transporteren alsook Engelsen die waren uitgewezen in Duitsland en Oostenrijk en andersom. Ook voor het kolenvervoer vanuit Duitsland naar Nederland werd van de lijn veelvuldig gebruik gemaakt.

Dankzij de spoorverbinding kon de afstand Berlijn-Londen in 1890 in minder dan 22 uur worden overbrugd en in 1911 was de reisduur 19 uur en 55 minuten. Na de opening van de Trans Siberische Spoorweg (1903) was er een verbinding van Londen naar Wladiwostok aan de Grote Oceaan ontstaan.

In 1919 nam het staatsspoor de exploitatie van de lijn over en op 15-11-1922 ging de NBDS failliet. Vanaf die tijd ging het internationale spoorwegverkeer over andere lijnen en de lijn Bortel-Gennep werd gedegradeerd tot lokaal spoor (Donker, 19..?). Thans is het tracé (zonder rails) herkenbaar als een rechte lijn in het landschap met opgroeiende bomen en struiken alsmede een onderbegroeiing van kruiden en grassen.

2.5 Cultuurhistorie

Landbouw dateert reeds van voor het begin van onze jaartelling. De traditionele oude bouwlanden, zoals wij die nu nog kennen, zijn echter hoofdzakelijk sinds de Middeleeuwen ontstaan. De boerenbedrijven kenmerkten zich als gemengde bedrijven met bouwland en grasland; voor de uitvoering van deze bedrijfstypen waren heidevelden noodzakelijk.

De eerste boerderijen werden gebouwd op plaatsen waar hoog- en laaggelegen gronden vlak naast elkaar voorkwamen. De heidevelden lagen meestal op grotere afstand. De hooggelegen gronden werden gebruikt voor bouwland. De bedrijfsvoering is eeuwenlang gericht geweest op verhoging van de vruchtbaarheid van de bouwlanden. Daar had men veel mest voor nodig. Het vee stond bijna altijd in de potstal, waarin onder andere heide- en grasplaggen dienden als strooisellaag. Het materiaal uit de potstal ging naar de bouwlanden. Hierdoor is een dikke humushoudende bovengrond ontstaan (Domhof, 1953).

Ten opzichte van de nederzettingen die zich in de oudheid aan de rand van de Peel hebben gevestigd, neemt Zeeland een bijzondere positie in. Het vormt een markeringslijn van de meest noordwestelijke uitloper van het voormalige hoogveenmoeras.

Het complex Zeeland, Voederheil, Nabbegat en Zevenhuis ligt gegroepeerd rondom een hoge zandopduiking. Deze wordt omringd door lager gelegen natte terreinen. De ligging van de oude tienden (een vorm van kerkelijke belasting vanaf de Vroegste Middeleeuwen) beslaat praktisch alleen de hoger gelegen gronden. Dit wijst erop dat men lange tijd niet genoodzaakt is geweest om tot ontginning van lager gelegen gronden in de omgeving over te gaan. Deels is dat te verklaren omdat zich in de Graspeel grote oppervlakten natuurlijke weiden bevonden, waarin al vanouds vee werd ingeschaard. Wellicht is men tussen 1100 en 1400 in de nabijheid van het complex tot ontginning van de lager gelegen terreinen overgegaan omdat bij Brand

en Nieuwveld sprake is van oude novalieën (belasting die werd geheven op nieuw ontgonnen landerijen of heidevelden). Brand zelf kende evenwel de oude tiend.

In principe kon het complex akkergronden rond Zeeland tot vrij grote omvang uitgroeien. Er kon immers voor voldoende bemesting worden gezorgd door de grote oppervlakte natuurlijke weilanden in de Graspeel. Dit heeft de boeren er waarschijnlijk toe gebracht al vroeg tot ontginning van het complete akkercomplex ten westen van Zeeland over te gaan. Daarbij was men genoodzaakt bij splitsing van bedrijven de nieuwe boerderijen op de smalle begrenzing tussen hoog en laag te bouwen. Uiteindelijk ontstond een krans van boerderijen en uitstralende gehuchten rondom het centraal gelegen akkercomplex. Er kwam een verdeling tot stand van "binnenakkers" en "buitenakkers" met een scherpe begrenzing van dorpsbehorens binnen de oude tiend. Een dergelijke nederzettingvorm wordt een kransakkerdorp genoemd. De oorsprong van de nederzetting moet in Zeeland zelf hebben gelegen. Het 14^e en 15^e eeuwse Sellant is vrij zeker te vertalen als Sele-land, hetgeen duidt op een Merovingische hoeve. Waarschijnlijk is in de 8^e eeuw op grote afstand vanuit een domein (de ligging is onbekend) de hoeve gevestigd die in de zomer werd gebruikt voor het weiden van vee. De situering ten opzichte van de Graspeel onderstreept deze veronderstelling. Zeer waarschijnlijk is Zeeland uitgegroeid via Voederheil en Brand, en dat Nabbegat en Zevenhuis vervolgens voor de afronding hebben gezorgd. Deze laatste hebben zich op zijn vroegst na 1600 als gehucht ontwikkeld. Vanuit dit complex vormden zich verspreid gelegen nederzettingen op de iets hogere plaatsen, zoals Duifhuis (misschien een oude éénmansnederzetting met speciale heerlijke rechten), Oventje (met oude tienden), Puttelaar (het huidige Nieuwveld) en Trent (met novale tienden) (Hendrix, 1977). Waarschijnlijk moet tot deze laatste categorie het gehucht de Graspeel ook gerekend worden.

Pas vanaf ongeveer 1800 vinden op kleine schaal nieuwe ontginningen plaats. Ongeveer in die tijd is er een einde gekomen aan de rechtstoestand van de "gemeijnt" (privaat eigendom van een heer, waarop gemeenschappelijke gebruiksrechten werden uitgeoefend die toebehoorden aan alle ingezetene). Uit de topografische kaart van 1837 (schaal 1 : 50 000) blijkt echter dat in genoemd jaar geen sprake was van nieuwe ontginningen. Het gehele gebied ten oosten van de huidige Corridorweg tot aan de Kuipersweg en ten oosten van het gehucht de Graspeel tot ten zuiden van de Verbindingsweg was niet ontgonnen. Uit de topografische kaart (schaal 1 : 25 000) die is verkend in 1895, blijkt dat het grootste deel van het gebied toen wel was ontgonnen behalve een gedeelte van circa 40 ha ten zuiden van de Heihorst.

In het gebied zijn bij dit onderzoek geen archeologische sporen of vondsten aangetroffen. Bij geen enkele oude ontginningsgrond (enkeerdgrond) komt een moderpodzolprofiel in de ondergrond voor. Moderpodzolgronden zijn kenmerkend voor zeer vroege bewoning. Ook bij de Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek zijn van dit gebied geen archeologische gebieden bekend.

2.6 Huidige afwatering

Het noordoostelijk deel van het gebied waterde van nature af op de Hooge Raam. Op de topografische kaart van 1837 staat een drietal zijstromen aangegeven van de Hooge Raam. In de rest van het gebied waren geen natuurlijke afwateringen te ontdekken.

Momenteel watert het gedeelte ten noorden van de Trentsche Bosschen via een aantal voornamelijk oostwaarts gegraven sloten af op de Graspeelloop die in de Hooge Raam uitmondt. De Graspeelloop is aan het einde van de vorige eeuw in verband met ontginningswerkzaamheden gegraven. Ten zuiden van de Trentsche Bosschen watert het gebied via een aantal gegraven sloten af op het Defensiekanaal. Sinds 1969 zijn vrijwel alle waterlopen verbeterd.

De bovenlopen en zijwaterlopen van de hoofdwaterlopen vallen gedurende de zomer veelal droog. De lagere delen van de Rusvensche Loop en Graspeelloop blijven meestal gedurende het gehele jaar watervoerend. In zeer droge jaren (1976, 1983, 1990 en 1991, als ook in 1996) vielen trajecten droog (Landinrichtingsdienst, 1994).

Als men de huidige grondwatertrappenkaart vergelijkt met de Bodemkaart van Nederland (1976), schaal 1 : 50 000, is in grote delen van het gebied een grondwaterstandsverlaging opgetreden. Dit geldt met name voor de gronden die bij dit onderzoek met grondwatertrap VI of droger zijn aangegeven. Op basis van hydromorfe kenmerken is vooral nabij het Oventje en de Houtvennen een duidelijke verlaging waarneembaar.

Gebieden met kwel, op basis van ijzerrijk slootwater (bacteriefilm), komen voor nabij Kreitsberg en ten oosten hiervan, ten noorden en zuiden van Heihorst, Nieuwveld, ten westen van de Witte Dellen en in het uiterste zuiden nabij de Middenpeelweg.

3 Bodemgeografisch onderzoek en digitale verwerking/manipulatie van bodemkundige gegevens

3.1 Bodemgeografisch onderzoek

Het bodemgeografisch onderzoek van het landinrichtingsgebied Graspeel is uitgevoerd in het najaar van 1996.

Voor een beschrijving van de methode van het bodemgeografisch onderzoek verwijzen we naar de bijlage (rapport 157 van Brouwer, Ten Cate en Scholten, 1996, par. 2.1). Tijdens het onderzoek hebben we met een grondboor ongeveer 1 bodemprofielmonster per 3 ha genomen tot een diepte van minimaal 1,50 m - mv. en maximaal 1,80 m-3,00 m - mv. In totaal zijn 639 bodemprofielmonsters beschreven en geregistreerd met een veldcomputer (Husky Hunter). De gegevens van de bodemprofielmonsters, de zogenaamde boorstaten, zijn opgeslagen in een computerbestand, dat alleen aan de opdrachtgever is verstrekt. Plaats en nummer van de bodemprofielmonsters zijn weergegeven op 9 veldkaarten en op de boorpuntenkaart (kaart 3).

De resultaten van het bodemgeografisch onderzoek zijn weergegeven op de bodemkaart (kaart 1) en grondwatertrappenkaart (kaart 2), beiden schaal 1 : 25 000. De gegevens hiervan zijn opgeslagen in een computerbestand dat alleen aan de opdrachtgever is verstrekt.

Verder zijn van het gebied drie geologische dwarsdoorsneden vervaardigd, ongeveer loodrecht op de hoogtelijnen. De afstand tussen de boringen in de dwarsdoorsneden bedraagt circa 150 m en de diepte van de boringen meestal 3,00 m. De plaats van de boringen is met behulp van de hoogtelijnenkaart (verstrekkt door de opdrachtgever) ten opzichte van NAP ingetekend. De hoogten zijn dus niet exact ingemeten. In de dwarsdoorsneden zijn aangegeven: Formatie van Twente (dekzand en fluvioperiglaciale afzettingen), Formatie van Veghel (rivierzand) en het niveau van de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstand (GHG en GLG). Op figuur 2 is de ligging van de geologische dwarsdoorsneden weergegeven alsmede de situatie van een tweetal breuken die in het gebied van zuidoost naar noordwest verlopen. De situatie van de breuken is ons aangeleverd door het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen-TNO (NITG-TNO; district Zuid).

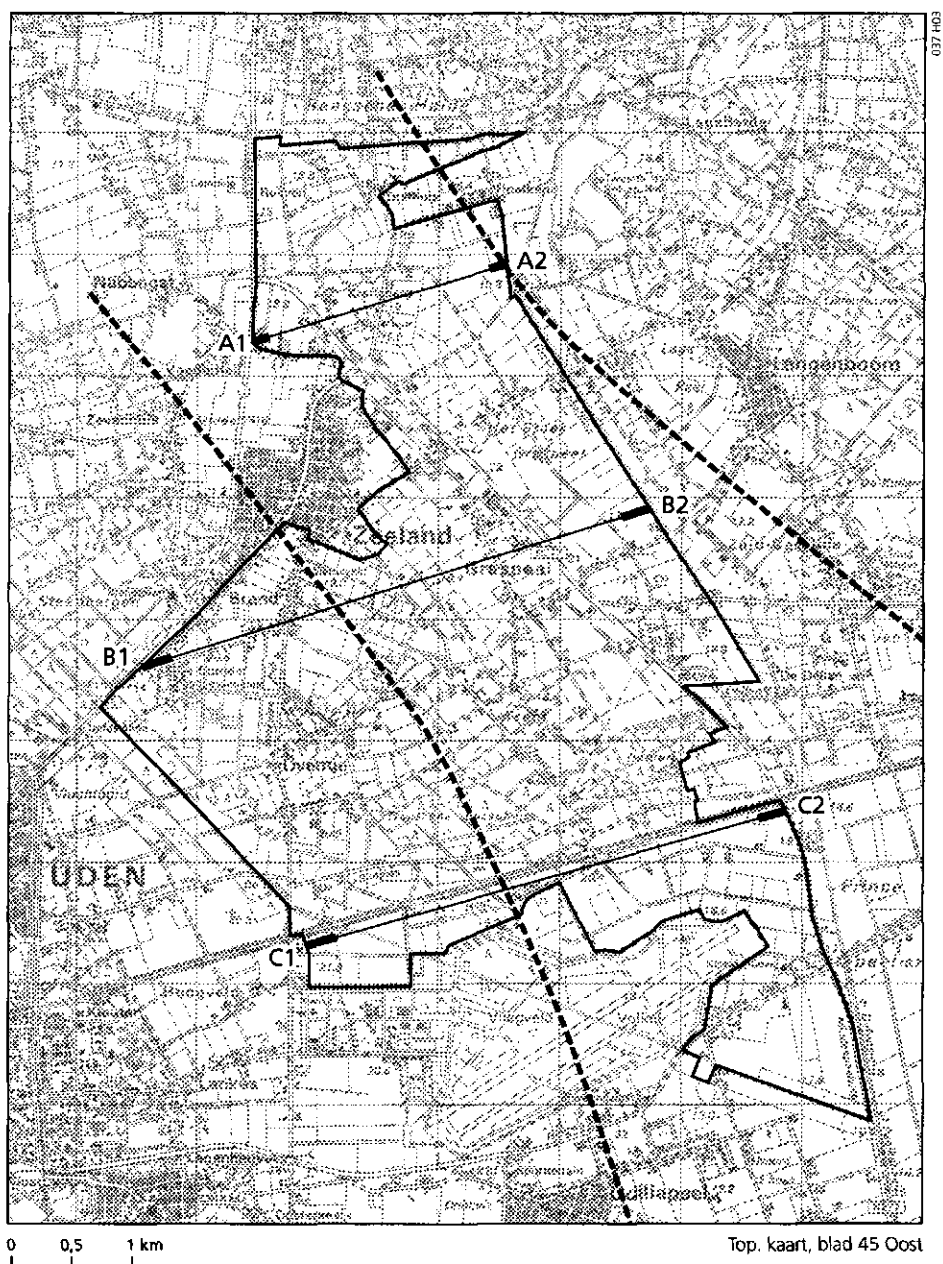


Fig. 2 Ligging van de geologische dwarsdoorsneden en breuken

A1 A2 Dwardoorsnede
 ----- Breuk

3.2 Toetsing aan meetresultaten

Om onze schattingen van textuur, humusgehalte en grondwaterstanden te kunnen toetsen aan meetresultaten hebben we resultaten van grondmonsteranalyses gebruikt en grondwaterstandsmetingen verricht. De schattingen van textuur en humusgehalten konden we al tijdens het onderzoek toetsen, omdat de analyseresultaten reeds voorhanden waren. In de praktijk betekent dit dat de grondmonsteranalyses ons gestuurd hebben tijdens het onderzoek. Tijdens het schrijven van dit rapport werden de grondwaterstandsmetingen nog steeds uitgevoerd met als doel om achteraf vast te kunnen stellen waar de schattingen afwijken van de metingen. Met name voor het GHG-niveau is dat ons niet gelukt als gevolg van de extreem droge winterperiode van 1996-1997.

3.2.1 Bemonstering en laboratoriumanalyse

Voor het toetsen van textuur en humusgehalte hebben we op 5 plekken in totaal 8 bemonsteringen uitgevoerd. De analyseresultaten staan weergegeven in aanhangsel 1 en de ligging en nummers van de bemonsteringsplaatsen staan afgebeeld op figuur 3.

3.2.2 Grondwaterstandsmetingen

Om de schattingen van de gemiddelde hoogste grondwaterstand in de winterperiode (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand in de zomerperiode (GLG) te toetsen hebben we meetgegevens gebruikt van:

- Waterschap De Maaskant (17 buizen);
- DLO-Staring Centrum (16 SC-buizen);
- NITG-TNO (1 buis: L21);
- J.M.J. Dekkers in Schaijk (1 buis: SCH).

3.2.2.1 Meetpunten en meetresultaten.

De grondwaterstandsbuizen van Waterschap De Maaskant zijn opgenomen vanaf 14-01-1994. In eerste instantie zijn ze wekelijks gemeten, daarna minder frequent en vrij onregelmatig, echter wel 2 keer per maand. In dit rapport zijn alleen de buizen opgenomen die in het gebied liggen (buiten het gebied liggen buis 4, 5 en 17).

Een aantal van deze buizen voldoet qua ligging of kwaliteit niet aan de eisen die wij daaraan stellen. Het doel van een buis is immers dat het freatisch grondwater zo betrouwbaar mogelijk wordt weergegeven. De volgende opmerkingen kunnen we bij de buizen plaatsen:

- Buis 1 is een (gespoten) put die wordt gebruikt om vee van te laten drinken; bovendien ligt deze buis in de berm van een waterloop die het grootste deel van het jaar water voert;
- Buis 11 is een beregeningsput;

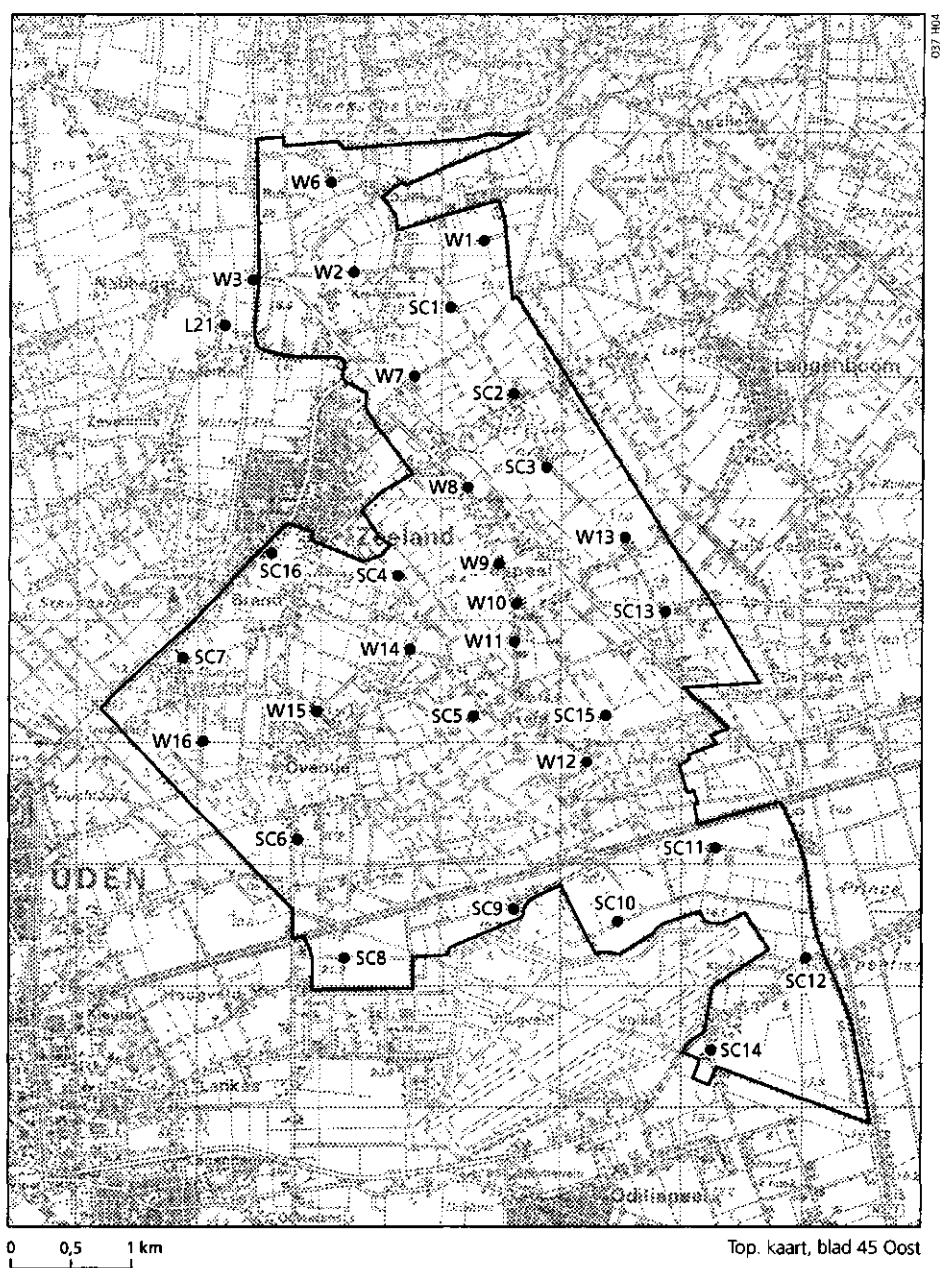


Fig. 4 Ligging en nummering van de grondwaterstandsbuizen

- SC10 Grondwaterstandsbuis van SC-DLO
- W12 Grondwaterstandsbuis van het waterschap De Maaskant
- L21 Stambuis van NITG-TNO

- Buis 7 vertoont vanaf maart 1995 nog nauwelijks fluctuatie;
- De buizen 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 13 en 14 staan in de wegberm met een naastliggende sloot die meestal in de winterperioden water bevat; de gemeten grondwaterstanden in de winterperioden zijn daarom niet goed betrouwbaar. Het is mogelijk dat een slootwaterstand wordt gemeten en geen grondwaterstand die representatief is voor de aangrenzende landbouwgronden;
- De buizen 15 en 16 zijn goed bruikbaar voor ons onderzoek.

De resultaten van buis L21 zijn ook niet erg goed geschikt voor ons onderzoek. De buis is regelmatig verplaatst, bovenkant buis (ijkpunt) is discutabel (verhoogd) en in 1996 bevatte ze gedurende enige tijd geen water.

Voor dit onderzoek zijn door ons 16 (SC) buizen geplaatst die een meetreeks hebben vanaf mei 1996 tot maart 1997. De buizen hebben een filterlengte van 1,0 m en de diepte van de buizen bedraagt 2,0 - 3,0 m - mv.

Verder hebben we een peilbuis in Schaijk gebruikt die 2x per maand (rond de 14^e en 28^e) vanaf 1973 is gemeten. Deze buis is als een zogenaamde stambuis te beschouwen.

De meetresultaten van de buizen van Waterschap De Maaskant, de SC-buizen, L-21 en SCH zijn vermeld in de aanhangsels 2 en 3, en de ligging en nummers van de buizen staan afgebeeld op figuur 4.

3.2.2.2 Berekening van de GHG en GLG van een buis in Schaijk (SCH).

Voor de beschrijving van de methode voor de berekening van GHG en GLG van een buis met 6-8 jaren meetgegevens of meer verwijzen we naar de bijlage (rapport 157 van Brouwer, Ten Cate, en Scholten, 1996, par. 2.2.2).

De GHG en GLG van de buis in Schaijk (buis SCH) is berekend op respectievelijk 67 en 153 cm - mv., gemeten vanaf 1973. De berekende waarden komen overeen met GtVlo.

3.3 Indeling van de gronden

In het veld hebben we de gronden per boorpunt gedetermineerd volgens het systeem van Bodemclassificatie voor Nederland van De Bakker en Schelling (1989). In de bijlage (rapport 157 van Brouwer, Ten Cate, en Scholten, 1996, par. 2.3) wordt uitvoerig ingegaan op het classificatiesysteem, de differentiërende kenmerken en de indelingen.

In het landinrichtingsgebied Graspeel komen alleen zandgronden voor. We hebben de zandgronden onderverdeeld naar de differentiërende kenmerken (o.a. bodemvorming, hydromorfe kenmerken, dikte bovengrond) en textuur.

Een drietal bodemkundige kenmerken konden we niet gebruiken als criterium bij het indelen van de gronden, vooral omdat dan het aantal bodemeenheden te groot zou worden. Daarom hebben we deze kenmerken in beeld gebracht in de vorm van 2 toevoegingen en één vergraving.

3.4 Indeling van het grondwaterstandsverloop

Voor een beschrijving van de indeling van het grondwaterstandsverloop in grondwatertrappen verwijzen we naar de bijlage (rapport 157 van Brouwer, Ten Cate, en Scholten, 1996, par. 2.4).

3.5 Opzet van de legenda

In het landinrichtingsgebied Graspeel is gekozen voor een blok-legenda.

In de legenda's van de bodem- en grondwatertrappenkaart zijn de verschillen in bodemgesteldheid weergegeven in de vorm van:

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

Voor algemene informatie over de begrippen legenda-eenheden, toevoegingen, vergravingen en grondwatertrappen en de combinaties daarvan wordt verwezen naar de bijlage (rapport 157 van Brouwer, Ten Cate, en Scholten, 1996, par. 2.5).

Overige onderscheidingen omvatten delen die niet in het bodemgeografisch onderzoek zijn betrokken, zoals bos, bebouwing, wegen, voormalige spoorlijn, enzovoorts.

3.6 Digitale verwerking/manipulatie van bodemkundige gegevens

Voor de beschrijving van de digitale verwerking/manipulatie van bodemkundige gegevens via BOPAK-2 verwijzen we naar de Gebruiksdokumentatie BOPAK versie 2.1 (Stolp et al., 1995), Beheersdokumentatie BOPAK versie 2.1 (Van Randen et al., 1995) en naar de bijlage (rapport 157 van Brouwer, Ten Cate, en Scholten, 1996, hoofdstuk 4).

Het gebied bestaat uit één LD-vak en is met het centraal registratienummer CR-NR 5272 aangeduid.

3.7 Verwerking van bodemkundige gegevens tot rekengegevens

De geïnventariseerde bodemkundige, bodemfysische en hydrologische gegevens worden ondermeer gebruikt om het opbrengstniveau (gras) van de onderscheiden vlakken te bepalen. De opbrengstverandering als gevolg van een grondwaterstandsverandering wordt door de LBL (Noord-Brabant) berekend door middel van raadpleegtabellen (afgeleid uit LAMOS berekeningen). Deze tabellen zijn in het kader van het NUBL W2-project vervaardigd (LBL, 1996).

Bij de bepaling van de opbrengstdepressies door vochttekort gaan we er van uit dat de hoeveelheid vocht die de plant opneemt, geleverd wordt door de hoeveelheid opneembaar vocht in de effectieve wortelzone zone, door aanvulling van de vochtvoorraad in de wortelzone door neerslag tijdens het groeiseizoen en door de hoeveelheid vocht die door capillair transport vanuit het grondwater via de onverzadigde ondergrond naar de onderkant van de effectieve wortelzone wordt aangevoerd.

De bodemkundige, bodemfysische en hydrologische gegevens, zoals wij die in het veld hebben verzameld, waren niet alle direct bruikbaar voor berekeningen met behulp van de raadpleegtabellen. Op grond hiervan hebben wij de bovengenoemde gegevens dan ook op een verantwoorde wijze geschematiseerd en gegeneraliseerd.

Enkele bodemfysische parameters die voor de raadpleegtabellen noodzakelijk zijn om de opbrengstverandering te kunnen berekenen, zijn door de LBL ingedeeld in klassen. Deze klassen zijn afgeleid uit het bodemkundig-agrohydrologisch onderzoek West-Brabant (Van Holst et al., 1988). Deze parameters betreffen vochtkarakteristieken van de effectieve wortelzone, dikte van de effectieve wortelzone en het ondergrondtype. De klasse-indelingen zijn gemaakt om het aantal rekeneenheden te beperken, omdat gebleken is dat er onderling nauw verwantschap bestaat tussen de eenheden van deze parameters.

De volgende gegevens zijn per vlak in tabelvorm aangegeven (aanhangsel 6):

- algemene en bodemkundige gegevens:
 - vlaknummer;
 - bodemeenheid;
 - grondwatertrap;
- rekengegevens:
 - effectieve wortelzone;
 - vochtkarakteristieken van de effectieve wortelzone;
 - ondergrondtype en drainage-weerstand;
- huidige hydrologische situatie:
 - GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand);
 - GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand);
 - GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand).

De gegevens worden in de volgende paragrafen nader toegelicht.

3.7.1 Algemene en bodemkundige gegevens

Van de algemene gegevens is het vlaknummer alleen opgeslagen in het BOPAK-bestand. De bodemeenheid en grondwatertrap zijn behalve in het BOPAK-bestand ook aangegeven op de bodem- en grondwatertrappenkaart.

3.7.2 Effectieve wortelzone

Voor de effectieve wortelzone zijn aard en dikte van de humushoudende bovengrond bepalend. De effectieve wortelzone wordt gedefinieerd als het gedeelte van de bovengrond, waarin 80% van de wortelmassa aanwezig is (Rijtema, 1971).

Door de grote verscheidenheid in dikten van de effectieve wortelzone heeft de LBL (Noord-Brabant) de zone ingedeeld in de volgende 5 standaarddikten: 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm en 40 cm. Deze standaarddikten zijn vastgesteld voor grasland. De effectieve wortelzones van de bovengronden in het onderzochte gebied zijn eveneens ingedeeld naar deze standaarddikten.

Een maximale dikte van 40 cm wordt aangehouden, omdat het merendeel van de graswortels (80%) zelfs bij diep wortelende gronden, niet in staat worden geacht om dieper dan 40 cm de grond uit te putten tot een vochtgehalte overeenkomend met $pF > 4,2$. Verder wordt aangenomen dat vanaf een vochtgehalte overeenkomend met $pF 2,7$ tot en met $pF 4,2$ de helft van dit vochtgehalte door de graswortels opgenomen kan worden. Bij het traject van $pF 2,0$ tot $pF 2,7$ kan het vochtgehalte volledig worden opgenomen.

3.7.3 Vochtkarakteristieken van de effectieve wortelzone

De voorraad opneembaar bodemvocht in de effectieve wortelzone wordt behalve door de dikte van deze laag ook bepaald door de hoeveelheid beschikbaar vocht per decimeter grond. De hoeveelheid beschikbaar vocht in de effectieve wortelzone wordt gekarakteriseerd door gebruik te maken van een schema op basis van een reeks standaardvochtkarakteristieken uit "Van Holst et al., 1988". Er is een relatie vastgesteld tussen de aard (afhankelijk van het bodemtype), granulaire samenstelling (textuur) en het organische-stofgehalte enerzijds en het percentage vocht bij diverse vochtspanningen anderzijds. Met deze relatie kan aan de effectieve wortelzone van elk kaartvlak een gemiddelde vochtkarakteristiek worden toegekend (tabel 2).

Tabel 2 De gebruikte vocht karakteristieken van de effectieve wortelzone met volumefracties vocht bij verschillende pF-waarden

Bovengrond vochtka- rakteristiek	pF												
	0,0	1,0	1,3	1,5	1,7	2,0	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,2
2	47,0	44,2	43,0	42,0	40,6	35,0	20,4	17,3	14,2	11,0	9,0	7,5	6,5
5	42,0	41,0	40,0	39,2	38,0	36,0	30,0	23,0	16,3	12,6	9,0	7,0	6,0
7	36,1	35,6	35,0	34,5	33,9	31,5	26,0	18,0	11,5	7,0	6,0	4,8	4,0
11	44,0	41,0	39,0	37,0	35,0	27,0	14,5	10,5	7,6	6,7	4,8	4,0	3,5
15	37,5	37,0	36,9	36,7	36,3	35,0	30,2	24,6	21,2	17,0	14,0	11,5	10,0

3.7.4 Ondergrondtype en drainage-weerstand

De capillaire vocht aanvoer gedurende het groeiseizoen vanuit de ondergrond naar de effectieve wortelzone wordt bepaald door het verloop van de vochtspanning aan de onderzijde van de effectieve wortelzone en door de afstand van de onderkant van de effectieve wortelzone tot het grondwater (z-afstand) met de tijd, alsmede het capillair geleidingsvermogen (K(h)-relatie) van de ondergrond. We gaan er vanuit dat een verband bestaat tussen de aard en samenstelling enerzijds en het capillair geleidingsvermogen anderzijds. Op basis hiervan worden de ondergronden getypeerd.

Door de variatie in diepte en dikte van de bodemlagen bestaat een grote verscheidenheid aan ondergrondtypen. Deze ondergrondtypen kunnen echter ten aanzien van capillaire eigenschappen en vochtleverantie een grote mate van overeenkomst vertonen. Op grond hiervan zijn de ondergrondtypen ingedeeld in een reeks van in totaal 82 standaardondergrondtypen. In Graspeel komen 22 typen voor (tabel 3). Deze reeks is door DLO-Staring Centrum in het verleden opgesteld (Bannink et al., 1985, Van Holst et al., 1988 en 1990). In 1995 heeft LBL deze reeks in het kader van het NUBL W2-project (LBL, 1996) gestandaardiseerd. Deze reeks wordt ondermeer gebruikt voor het berekenen van opbrengstdepressies met behulp van de raadpleegtabellen en het karakteriseren van de verticale weerstand van de ondergrond in een viertal klassen: 1= goede (lage) drainage-weerstand, 2= redelijke drainage-weerstand, 3= matige drainage-weerstand, 4= slechte (hoge) drainage-weerstand. In Graspeel komen alleen de klasse 1 en 2 voor. De drainage-weerstand speelt een rol bij de berekening van de wateroverlast. Daarnaast wordt de drainage-weerstand als factor gebruikt voor het vaststellen van de relatie tussen het grond- en oppervlaktewater (sterk bepalend voor het succes waarmee de grondwaterstand via het oppervlaktewater kan worden beïnvloed).

Voor het vertalen van een bepaald ondergrondtype naar één van de 82 standaardondergrondtypen is gebruik gemaakt van het door De Laat (1972) ontwikkelde rekenmodel VPOS. Dit model wordt gebruikt voor het berekenen van de onverzadigde stroming in pseudo-stationaire toestand van gelaagde bodemprofielen. Om de onderscheiden ondergrondtypen in de standaardondergrond-typenreeks te kunnen onderbrengen, hebben we de uitkomsten (VPOS) van de z-afstanden en de vochtdeficieten bij een flux van 2 mm/dag en 1 mm/dag in de VPOS-tabellen met elkaar vergeleken. Vervolgens zijn op basis van onderlinge verwantschap alle ondergrondtypen vertaald naar standaardondergrondtypen.

Naast het bovenstaande is bij het vertalen ook gekeken naar onderlinge verwantschap in verticale weerstand. Hierbij geldt als eis, dat de verticale weerstandsklasse van het toegekende standaardondergrondtype (tabel 3) zo goed mogelijk overeen dient te komen met de weerstandsklasse van het ondergrondtype.

Tabel 3 De gebruikte standaardondergrondtypen en weerstandsklassen

Onder- grond type	1 ^e laag diepte ¹⁾	code K(h)- relatie	2 ^e laag diepte ¹⁾	code K(h)- relatie	3 ^e laag diepte ¹⁾	code K(h)- relatie	Klasse drainage- weerstand
5	> 0	012					2
6	0 - 30	012	> 30	02			2
7	0 - 50	03	50 - 80	02	> 80	012	2
8	0 - 30	012	> 30	08			1
9	0 - 60	03	> 60	02			1
11	0 - 100	012	> 100	08			1
13	0 - 90	03	> 90	02			1
14	0 - 40	02	> 40	012			2
17	> 0	08					1
19	0 - 70	02	> 70	012			2
21	0 - 90	03	> 90	02			1
40	0 - 40	011	> 40	09			1
41	0 - 50	02	> 50	09			1
42	> 0	015					1
46	0 - 30	03	> 30	012			2
55	0 - 70	02	> 70	03			1
60	0 - 40	06	> 40	012			2
61	0 - 30	02	> 30	08			1
67	0 - 20	020	> 20	021			1
69	> 0	021					1
71	0 - 30	05	> 30	08			1
77	> 0	019					2

¹⁾ in cm ten opzichte van de onderkant van de effectieve wortelzone

3.7.5 Huidige hydrologische situatie

Voor het vaststellen van de huidige hydrologische situatie is voor wat betreft de GHG en GLG het gemiddelde genomen van de geschatte waarden van de boring(en) binnen een bepaald kaartvlak. Voor de GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand) is de volgende vuistregel gebruikt:

GtIIIb en IVu: $GVG = GHG + 15 \text{ cm}$;

Overige Gt's: $GVG = GHG + 20 \text{ cm}$.

Voor de berekening van opbrengstveranderingen worden de GVG en de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) gebruikt. Aangezien productie nauw gerelateerd is aan verdamping door het gewas, is voor gras aangenomen dat de groei aanvangt op het tijdstip dat de verdamping de neerslag overtreft. Hiervoor geldt 1 april en de gemiddelde grondwaterstand op die datum wordt aangeduid als GVG.

4 Bodemgesteldheid; beschrijving van de bodem- en grondwatertrappenkaart, resultaten van laboratoriumanalyses en grondwaterstandsberekeningen, en geologische dwarsdoorsneden

De bodemgesteldheid van het gebied is weergegeven op de bodemkaart, schaal 1 : 25 000 (kaart 1). Deze kaart geeft informatie over de gronden en het grondwaterstandsverloop, maar is alleen naar de bodemeenheden ingekleurd. Er is ook een grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 25 000, gemaakt (kaart 2). Deze geeft dezelfde informatie, maar is alleen naar de grondwatertrappen ingekleurd.

Voor een nadere verklaring of definiëring van de gebruikte terminologie verwijzen we naar de bijlage (rapport 157 van Brouwer, Ten Cate en Scholten, 1996, hoofdstuk 5).

In de volgende paragrafen beschrijven we alleen de belangrijkste kenmerken van de gronden (par. 4.1), van de toevoegingen (par. 4.2), van de vergravingen (par. 4.3) en van de overige onderscheidingen (par. 4.4).

Voor een overzicht van de oppervlakteverdelingen van de eenheden op de bodem- en grondwatertrappenkaart verwijzen we naar aanhangsel 4 en voor een vergelijking van de codering van de legenda-eenheden op de bodemkaart van Graspeel, schaal 1 : 10 000 (kaart 1), met die van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, verwijzen we naar aanhangsel 5.

In de paragrafen 4.5 en 4.6 bespreken we de resultaten van de laboratoriumanalyses en de grondwaterstandsberekeningen (incl. conclusies).

In paragraaf 4.8 bespreken we tenslotte de geologische dwarsdoorsneden.

4.1 Zandgronden

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. Zand is mineraal materiaal met minder dan 8% lutum of 50% leem.

In het gebied komen alleen hydrozandgronden voor (hydropodzolgronden en hydrozandeerdgronden). Dit zijn de gronden die tot hoog in het profiel permanent of periodiek met water zijn verzadigd of dat voorheen waren. Omdat fossiele hydromorfe kenmerken zeer moeilijk van actuele te onderscheiden zijn, worden ook gronden die deze invloed hebben ondergaan en nu zijn ontwaterd, tot de hydrozandgronden gerekend, mits ze deze kenmerken nog bezitten.

Op grond van het al dan niet voorkomen van een podzol-B en een minerale eerdlaag zijn de zandgronden onderverdeeld in:

- podzolgronden;
- eerdgronden.

4.1.1 Podzolgronden

In dit gebied komen alleen humspodzolgronden voor die zich kenmerken door een duidelijke humuspodzol-B-horizont, een inspoelslaag. In deze laag komt een inspoeling voor van vrijwel alleen humus of van humus samen met sesquioxiden, waarbij de humus overwegend in amorfe vorm voorkomt en als disperse humus is verplaatst.

De humushoudende bovengrond is dun (ca. 30 cm) of matig dik (30-50 cm). Van de uitspoelingslaag (loodzandlaag) is op de meeste plaatsen weinig of niets meer waar te nemen doordat deze veelal door grondbewerking in de bovengrond is vermengd. De kleurintensiteit van de B-horizont en de dikte hiervan variëren nogal. Hier en daar zijn binnen één profiel twee B-horizonten boven elkaar aangetroffen.

Plaatselijk is de B-horizont zo dun of vaag dat ze niet meer aan de gestelde eisen voldoet. Indien dit het geval is, heeft men in feite met een gooreerdgrond te maken. Dergelijke gronden vormen een onzuiverheid binnen het kaartvlak van de podzolgronden. De onderliggende C-horizont bevat op enkele plaatsen vrij veel roestvlekken, soms ook al in de B-horizont.

De podzolgronden zijn naar de dikte van de humushoudende bovengrond onderverdeeld in veldpodzol- (dunner dan 30 cm) en laarpodzolgronden (30-50 cm).

4.1.1.1 Veldpodzolgronden

De veldpodzolgronden die het grootste deel van het gebied in beslag nemen behoren tot de jonge ontginningsgronden. Naar de textuur van de bovengrond is slechts één legenda-eenheid onderscheiden.

Hn51: Veldpodzolgronden; leemarm, matig fijn zand

Verbreiding: Verspreid over het gebied

Oppervlakte: 996,6 ha= 45,2%

Profielopbouw: De humushoudende bovengrond is circa 30 cm dik, bevat meestal 7-9% leem en heeft veelal een mediaan van 170-190 µm. Het humusgehalte ligt vrijwel overal rond de 4%. De ondergrond is wisselend van opbouw; behalve leemarm, matig fijn zand komt op de meeste plaatsen ook grof zand voor. Plaatselijk, vooral ten noorden en zuiden van de Trentsche Bosschen, komt op de overgang van matig fijn naar matig grof zand een laag zwak tot sterk lemig zand voor van 10-30 cm dikte. De gronden met grof zand beginnend binnen 40 cm - mv. komen hoofdzakelijk in het westelijk deel van het gebied voor. De gronden zonder grof zand

(binnen 150 cm - mv.) vindt men verspreid in het noordoosten, oosten en zuiden van het gebied. De grootste oppervlakte van deze gronden heeft echter grof zand in de ondergrond dat tussen 40 en 150 cm - mv. begint. De bewortelbare diepte van deze gronden varieert meestal van 40-45 cm. Op enkele plaatsen zijn deze gronden afgegraven met behoud van de humushoudende bovengrond.

Grondwatertrap: IIIa, IIIb, IVu, VIo, VIId en VIId

Bodemgebruik: Akker- en weidebouw

Tabel 4a Gegevens per kaarteenhed van de veldpodzolgronden Hn51

Kaarteenhed	Oppervlakte (ha)	Dikte bovengrond (cm)	Organ. stof bovengrond (%)	Bewortelbare diepte (cm - mv.)	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
Hn51/g-IIIa	2,2	30	4,0	40	20	110
Hn51-IIIb	8,8	30	4,0	40	35	120
g/Hn51-IIIb	1,9	30	4,0	40	35	115
Hn51/g-IIIb	19,9	30	4,0	40	35	115
Hn51-IVu	25,7	30	4,0	40	50	115
g/Hn51-IVu	11,6	30	4,0	40	50	115
Hn51/g-IVu	51,3	30	4,0	40	50	115
Hn51-VIo	109,1	30	4,0	40	60	145
g/Hn51-VIo	47,3	30	4,0	40	50	140
Hn51/g-VIo	362,0	30	4,0	40	60	150
Hn51/g/G-VIo	11,1	30	4,0	45	70	170
Hn51-VIId	27,3	30	4,0	45	105	195
g/Hn51-VIId	40,3	30	4,0	40	115	205
Hn51/g-VIId	150,8	30	4,0	45	105	195
Hn51/G-VIId	1,8	30	4,0	65	100	190
Hn51-VIIId	14,7	30	4,0	40	175	265
g/Hn51-VIIId	91,1	30	4,0	40	150	240
Hn51/g-VIIId	19,8	30	4,0	40	175	265

Tabel 4b Profielschets van kaarteenhed Hn51/g-VIo

Horizont		Org.stof (%)	Textuur		Omschrijving
code	diepte (cm - mv.)		leem (%)	M50 (µm)	
1AP	0- 30	4	8	170	matig humeus, leemarm, matig fijn zand
1Bhe	30- 40		8	170	leemarm, matig fijn zand
1BCe	40- 75		7	180	leemarm, matig fijn zand
2BCe	75- 95		6	220	leemarm, matig grof zand
2Ce	95-150		5	1000	leemarm, zeer grof zand

* Deze profielschets komt overeen met boringnr. 7065

4.1.1.2 Laarpodzolgronden

De laarpodzolgronden komen voornamelijk voor op de overgang van de jonge naar de oude ontginningsgronden. Ze hebben een matig dikke bovengrond verkregen doordat ze met materiaal uit de potstal zijn bemest. Naar de textuur van de bovengrond is slechts één legenda-eenheid onderscheiden.

cHn51: Laarpodzolgronden; leemarm, matig fijn zand

Verbreiding: nabij Duifhuis en in de omgeving van Kreitsberg, Brand, Oventje en Trent

Oppervlakte: 190,3 ha= 8,6%

Profielopbouw: De humushoudende bovengrond is 40-45 cm dik, bevat meestal 7-9% leem en heeft veelal een mediaan van 170-190 µm. Het humusgehalte ligt vrijwel overal rond de 4%. De ondergrond is wisselend van opbouw; behalve leemarm, matig fijn zand komt op de meeste plaatsen grof zand voor. Gronden met grof zand beginnend binnen 40 cm - mv. komen over betrekkelijk kleine oppervlakten voor. Het grootste deel van deze gronden heeft grof zand dat tussen 40 en 150 cm - mv. begint. De gronden zonder grof zand binnen 150 cm - mv. worden voornamelijk nabij Kreitsberg en Trent aangetroffen. Op enkele plaatsen komt, op de overgang van matig fijn naar matig grof zand, een laag zwak tot sterk lemig zand voor van circa 20 cm dikte. De bewortelbare diepte van deze gronden varieert meestal van 45-55 cm.

Grondwatertrap: IIIb, IVu, VIo, VIId en VIId

Bodemgebruik: Akker- en weidebouw

Tabel 5a Gegevens per kaartenheid van de laarpodzolgronden cHn51

Kaartenheid	Oppervlakte (ha)	Dikte bovengrond (cm)	Organ. stof bovengrond (%)	Bewortelbare diepte (cm - mv.)	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
cHn51/g-IIIb	2,6	40	5,0	50	20	105
g/cHn51-IVu	2,1	40	4,0	50	35	115
cHn51/g-IVu	11,2	40	4,0	45	30	115
cHn51-VIo	33,4	45	4,0	45	65	155
g/cHn51-VIo	5,4	40	5,0	50	45	130
cHn51/g-VIo	64,4	40	4,0	50	60	150
cHn51-VIId	3,9	40	4,0	55	90	180
cHn51/g-VIId	42,3	45	4,0	50	115	205
cHn51/g-VIIId	25,0	40	4,0	50	150	240

Tabel 5b Profielschets van kaartenheid cHn51/g-VIo

Horizont		Org.stof (%)	Textuur		Omschrijving
code	diepte (cm - mv.)		leem (%)	M50 (µm)	
IAap	0- 30	4	8	170	matig humeus, leemarm, matig fijn zand
IAa	30- 40	4	8	170	matig humeus, leemarm, matig fijn zand
IBhe	40- 80		7	170	leemarm, matig fijn zand
ICe1	80-100		7	170	leemarm, matig fijn zand
ICe2	100-120		20	140	sterk lemig, zeer fijn zand
2Ce	120-150		5	220	leemarm, matig grof zand

* Deze profielschets komt overeen met boringnr. 4047

4.1.2 Eerdgronden

Eerdgronden worden gekenmerkt door een minerale eerdlaag die tenminste 15 cm dik is en door het ontbreken van een duidelijke podzol-B-horizont binnen 50 cm -mv. De minerale eerdlaag is ontstaan door de omzetting van plantenresten in humus of door antropogene processen.

De humushoudende bovengrond is dun (ca. 30 cm), matig dik (30-50 cm) of dik (50-80 cm). De humusarme ondergrond kan zowel weinig of geen als veel roest bevatten. Bij de gronden met een dikke humushoudende bovengrond kan ook een podzol-B-horizont voorkomen (geen indelingscriterium).

De eerdgronden zijn naar het voorkomen van roest en naar de dikte van de humushoudende bovengrond onderverdeeld in gooreerd-, bekeerd- en enkeerdgronden.

4.1.2.1 Gooreerdgronden

Gooreerdgronden zijn gronden die in het algemeen weinig of geen roest bevatten binnen 35 cm - mv. Evenals de humuspodzolgronden zijn ze ontwikkeld in een oligotroof milieu. In feite is het een groep met een tamelijk heterogene profiel-opbouw. Er kunnen zowel bekeerdachtige als ook podzolachtige gronden in voorkomen. De gooreerdgronden met een dunne bovengrond worden veelal in de gebieden met jonge ontginningsgronden aangetroffen (in het zuidoosten en noordoosten van het gebied). De gooreerdgronden met een matig dikke bovengrond komen voornamelijk voor op de overgang van jonge naar oude ontginningsgronden en tussen de oude ontginningsgronden in. Deze laatste groep gronden heeft een matig dikke bovengrond verkregen doordat ze met materiaal uit de potstal zijn bemest. De totale oppervlakte bedraagt 253,8 ha= 11,5%. Naar de textuur van de humushoudende bovengrond en de dikte hiervan zijn 3 legenda-eenheden onderscheiden.

tZn51: Gooreerdgronden; leemarm, matig fijn zand

Verbreiding: Voornamelijk in de omgeving van Kreitsberg, Nieuwveld, het gehucht Graspeel, Trent en in het zuidoosten van het gebied

Oppervlakte: 206,4 ha= 9,4%

Profielopbouw: De humushoudende bovengrond is circa 30 cm dik en bevat meestal ongeveer 4% humus. Het leemgehalte varieert van 7-10% en de mediaan van 170-190 µm. De ondergrond is wisselend van opbouw; behalve leemarm, matig fijn zand komt op de meeste plaatsen grof zand voor. Plaatselijk, nabij Kreitsberg en Graspeel al binnen 40 cm - mv., is op de meeste plaatsen grof zand aangetroffen tussen 40 en 150 cm - mv. Vooral ten oosten van het gehucht Graspeel en in het zuidoosten van het gebied komt geen grof zand voor binnen 150 cm. De bewortelbare diepte van deze gronden varieert van 35-50 cm - mv. Op enkele plaatsen zijn deze gronden afgegraven met behoud van de humushoudende bovengrond.

Grondwatertrap: IIIb, IVu en Vlo

Bodemgebruik: Akker- en weidebouw

Tabel 6a Gegevens per kaartenheid van de gooreerdgronden tZn51

Kaartenheid	Oppervlakte (ha)	Dikte bovengrond (cm)	Organ. stof bovengrond (%)	Bewortel- bare diepte (cm - mv.)	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
tZn51-IIIb	36,0	30	4,0	35	20	100
g/tZn51-IIIb	1,5	25	4,0	30	10	90
tZn51/g-IIIb	15,8	30	5,0	40	20	100
tZn51-IVu	32,8	30	4,0	40	35	115
g/tZn51-IVu	18,7	30	5,0	35	35	115
tZn51/g-IVu	74,2	30	4,0	40	35	115
tZn51-VIo	5,7	30	4,0	45	55	145
g/tZn51/G-VIo	1,5	30	4,0	45	45	135
tZn51/g-VIo	15,0	30	4,0	45	55	145
tZn51/g/G-VIo	5,1	30	4,0	50	70	160

Tabel 6b Profielschets van kaartenheid tZn51/g-IVu

Horizont		Org.stof (%)	Textuur		Omschrijving
code	diepte (cm - mv.)		leem (%)	M50 (µm)	
1Ap	0- 30	4	8	180	matig humeus, leemarm, matig fijn zand
1Ce	30- 120		8	180	leemarm, matig fijn zand
1Cr	120- 150		11	300	zwak leemig, matig grof zand (gereduceerd)

* Deze profielschets komt overeen met boringnr. 9026

tZn53: Gooreerdgronden; zwak leemig, matig fijn zand

Verbreiding: Eén oppervlakte in het zuidoosten van het gebied

Oppervlakte: 8,0 ha= 0,4%

Profielopbouw: De humushoudende bovengrond is circa 30 cm dik en bevat ongeveer 4% humus. Het leemgehalte varieert van 12-14% en de mediaan van 170-180 µm. De ondergrond is wisselend van opbouw; behalve leemarm, matig fijn zand komt overal grof zand voor. Plaatselijk is in de ondergrond sterk tot zeer sterk leemig zand aangetroffen. De bewortelbare diepte van deze gronden varieert van 30-40 cm.

Grondwatertrap: VIo

Bodemgebruik: Akkerbouw

Tabel 7a Gegevens per kaartenheid van de gooreerdgronden tZn53

Kaartenheid	Oppervlakte (ha)	Dikte bovengrond (cm)	Organ. stof bovengrond (%)	Bewortel- bare diepte (cm - mv.)	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
tZn53/g-VIo	8,0	30	4,0	35	50	140

Tabel 7b Profielschets van kaartenheid tZn53/g-VI0

Horizont		Org.stof (%)	Textuur		Omschrijving
code	diepte (cm - mv.)		leem (%)	M50 (µm)	
1Ap	0- 30	4	14	180	matig humeus, zwak lemig, matig fijn zand
1Ce	30- 50		12	180	zwak lemig, matig fijn zand
1Cg	50-135		40	180	zeer sterk lemig, matig fijn zand (roestig)
1Cr	135-150		12	250	zwak lemig, matig grof zand

Deze profielschets komt overeen met boringnr. 8029

cZn51: Gooreerdgronden; leemarm, matig fijn zand

Verbreiding: Nabij Nieuwveld, het gehucht Graspeel en ten zuidwesten van de Trentsche Bosschen

Oppervlakte: 39,5 ha= 1,8%

Profielopbouw: De humushoudende bovengrond is 35-45 cm dik en bevat ongeveer 4-5% humus. Het leemgehalte bedraagt meestal 8-9% en de mediaan varieert van 170-190 µm. De ondergrond is wisselend van opbouw en overal wordt grof zand aangetroffen (op de meeste plaatsen tussen 40 en 150 cm - mv.). De bewortelbare diepte varieert veelal van 40-50 cm.

Grondwatertrap: IIIb, IVu en VIo

Bodemgebruik: Akker- en weidebouw

Tabel 8a Gegevens per kaartenheid van de gooreerdgronden cZn51

Kaartenheid	Oppervlakte (ha)	Dikte bovengrond (cm)	Organ. stof bovengrond (%)	Bewortelbare diepte (cm - mv.)	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
cZn51/g-IIIb	7,3	35	5,0	45	20	100
g/cZn51-IVu	2,6	35	5,0	35	35	115
cZn51/g-IVu	20,8	45	5,0	45	30	120
cZn51/g-VIo	8,8	40	5,0	45	65	155

Tabel 8b Profielschets van kaartenheid cZn51/g-IVu

Horizont		Org.stof (%)	Textuur		Omschrijving
code	diepte (cm - mv.)		leem (%)	M50 (µm)	
1Aap	0- 30	4	8	190	matig humeus, leemarm, matig fijn zand
1Aa	30- 45	4	8	190	matig humeus, leemarm, matig fijn zand
1Cg	45-100		8	190	leemarm, matig fijn zand
1Ce	100-120		5	300	leemarm, matig grof zand
2Cr	120-150		5	300	leemarm, matig grof zand (gereduceerd)

Deze profielschets komt overeen met boringnr. 3061

4.1.2.2 Beekeerdgronden

Beekeerdgronden zijn gronden die roest bevatten binnen 35 cm - mv. (dikwijls al in de bovengrond) en waarbij de roest doorloopt tot aan de fossiele gereduceerde ondergrond (Ce). De gronden liggen in het voormalige beekdal van de Hooge Raam.

De bovengrond heeft op de meeste plaatsen een bruine kleur als gevolg van ijzerbijmenging. Op enkele plaatsen is ijzeroer aangetroffen, soms in brokken als gevolg van een diepere grondbewerking, maar ook een heel enkele keer als een aaneengesloten laag.

De textuur, met name het leemgehalte, varieert bij deze gronden op korte afstand sterk. Vandaar dat bij deze gronden de leemklassen leemarm en zwak lemig en zwak en sterk lemig bij elkaar zijn genomen. Naar de textuur van de humushoudende bovengrond zijn 2 legenda-eenheden onderscheiden. De totale oppervlakte bedraagt 227,9 ha (=10,3%).

tZg52: Beekeerdgronden; leemarm en zwak lemig, matig fijn zand

Verbreiding: Ten westen van het gehucht Graspeel, en ten oosten en zuiden van Heihorst

Oppervlakte: 99,9 ha= 4,5%

Profielopbouw: De humushoudende bovengrond is meestal circa 30 cm dik en bevat 3-5% humus. Het leemgehalte varieert van 8-15% en de mediaan van 170-190 µm. De ondergrond is nogal wisselend van opbouw; op vrij veel plaatsen komt grof zand voor tussen 40-150 cm - mv. Hier en daar wordt direct onder de bovengrond een beekleemlaag aangetroffen van 10-20 cm dikte. De bewortelbare diepte van deze gronden varieert van 35-45 cm.

Grondwatertrap: IIIb en IVu

Bodemgebruik: Akker- en weidebouw

Tabel 9a Gegevens per kaarteenhed van de beekeerdgronden tZg52

Kaarteenhed	Oppervlakte (ha)	Dikte bovengrond (cm)	Organ. stof bovengrond (%)	Bewortelbare diepte (cm - mv.)	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
tZg52-IIIb	24,9	30	4,0	35	15	95
tZg52/g-IIIb	28,5	30	4,0	45	20	110
tZg52-IVu	37,7	30	4,0	40	30	110
tZg52/g-IVu	8,8	30	4,0	35	25	105

Tabel 9b Profielschets van kaarteenhed tZg52-IVu

Horizont		Org.stof (%)	Textuur		Omschrijving
code	diepte (cm - mv.)		leem (%)	M50 (µm)	
IAp	0- 30	4	9	180	matig humeus, leemarm, matig fijn zand
ICg	30- 55		8	180	leemarm, matig fijn zand (roestig)
ICe	55-110		7	180	leemarm, matig fijn zand (roestig)
ICr	110-150		7	190	leemarm, matig grof zand (gereduceerd)

Deze profielschets komt overeen met boringnr. 3015

tZg54: Beekeerdgronden; zwak en sterk lemig, matig fijn zand

Verbreiding: Ten oosten van Kreitsberg en ten noorden van Heihorst

Oppervlakte: 128,1 ha= 8,4%

Profielopbouw: De humushoudende bovengrond is meestal circa 30 cm dik en bevat 3-5% humus. Het leemgehalte varieert van 10-30% en plaatselijk komt een relatief hoog lutumgehalte (delen < 2µm) voor. De mediaan van het zand varieert van 170-190 µm. Direct onder de humushoudende bovengrond komt op verscheidene plaatsen een beekleemlaag voor van 10-20 cm dikte. Verder is de ondergrond sterk wisselend van opbouw met op veel plaatsen grof zand dat zowel binnen 40 cm als tussen 40 en 150 cm - mv. begint. De bewortelbare diepte van deze gronden varieert van 35-40 cm.

Grondwatertrap: IIIb

Bodemgebruik: Akker- en weidebouw

Tabel 10a Gegevens per kaarteenheid van de beekerdgronden tZg54

Kaarteenheid	Oppervlakte (ha)	Dikte bovengrond (cm)	Organ. stof bovengrond (%)	Bewortelbare diepte (cm - mv.)	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
tZg54-IIIb	55,8	30	4,0	35	15	95
g/tZg54-IIIb	33,2	30	4,0	40	20	95
tZg54/g-IIIb	39,1	30	4,0	40	15	95

Tabel 10b Profielschets van kaarteenheid tZg54-IIIb

Horizont		Org.stof (%)	Textuur		Omschrijving
code	diepte (cm - mv.)		leem (%)	M50 (µm)	
1Apg	0- 30	4	14	180	matig humeus, zwak lemig, matig fijn zand (roestig)
1Cg	30-100		8	190	leemarm, matig fijn zand (roestig)
1Cr	100-150		8	190	leemarm, matig fijn zand (gereduceerd)

Deze profielschets komt overeen met boringnr. 2016

4.1.2.3 Enkeerdgronden

Enkeerdgronden zijn gronden met een humushoudende bovengrond van 50 cm dikte of meer. De dikke bovengronden zijn ontstaan door bemesting met materiaal uit de potstal en hebben in dit gebied een zwarte kleur. Deze gronden behoren tot de oude ontginningsgronden en worden dan ook nabij de oude bewoningskernen aangetroffen. Er is één legenda-eenheid onderscheiden.

zEZ51: Enkeerdgronden; leemarm, matig fijn zand

Verbreiding: In de omgeving van Duifhuis, Kreitsberg, Brand, Oventje en Graspeel
Oppervlakte: 185,3 ha= 8,4%

Profielopbouw: De dikte van de humushoudende bovengrond varieert van 50 tot hier en daar 110 cm. In zijn algemeenheid komen de dikste dekken voor op de hoogste gronden (Gt's VIId en VIId). De bovengrond bevat 4-5% humus en 7-9% leem en heeft een mediaan van meestal 170-180 µm. Onder het humushoudende dek komt op de meeste plaatsen een humuspodzolprofiel voor. Bij ruim de helft van de

oppervlakte wordt grof zand in de ondergrond aangetroffen dat veelal tussen 60 en 150 cm diepte begint. De bewortelbare diepte van deze gronden is minimaal gelijk aan de dikte van de humushoudende bovengrond, dus 50-110 cm. Op enkele plaatsen zijn deze gronden afgegraven met behoud van de humushoudende bovengrond.

Grondwatertrap: IVu, VIo, VIId en VIId

Bodemgebruik: Akker- en weidebouw

Tabel 11a Gegevens per kaarteenhed van de enkeerdgronden zEZ51

Kaarteenhed	Oppervlakte (ha)	Dikte bovengrond (cm)	Organ. stof bovengrond (%)	Bewortelbare diepte (cm - mv.)	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)
zEZ51-IVu	4,0	55	5,0	60	35	120
zEZ51/g-IVu	3,3	60	5,0	60	30	110
zEZ51-VIo	7,9	55	4,0	55	65	155
zEZ51/g-VIo	46,4	65	4,0	65	60	150
zEZ51/g/G-VIo	6,2	60	4,0	60	75	170
zEZ51-VIId	32,3	65	4,0	80	100	190
zEZ51/g-VIId	16,1	65	4,0	80	110	200
zEZ51/G-VIId	2,4	60	4,0	60	100	190
zEZ51-VIIId	43,5	75	4,0	90	175	265
zEZ51/g-VIIId	24,0	65	4,0	80	200	290

Tabel 11b Profielschets van kaarteenhed zEZ51/g-VIo

Horizont		Org.stof (%)	Textuur		Omschrijving
code	diepte (cm - mv.)		leem (%)	M50 (µm)	
1Aap	0- 30	4	8	180	matig humeus, leemarm, matig fijn zand
1Aa	30- 50	4	8	180	matig humeus, leemarm, matig fijn zand
1Bheb	50- 65		12	190	zwak lemig, matig fijn zand
1Cg	65-100		15	200	zwak lemig, matig fijn zand
2Ce	100-150		5	500	leemarm, zeer grof zand

Deze profielschets komt overeen met boringnr. 2027

4.2 Toevoegingen

De toevoegingen die op de bodemkaart en in het bodemkundig bestand (BOPAK) voorkomen, geven informatie over kenmerken van de bodem die niet als indelingscriteria zijn gebruikt. De toevoegingen zijn op de kaart met een raster weergegeven. We hebben in totaal 2 toevoegingen onderscheiden.

g/...: Grof zand en/of grind beginnend binnen 40 cm -mv.

Deze toevoeging is over een oppervlakte van 258 ha aangegeven. Ze komt hoofdzakelijk voor in het westen, zuidwesten en zuidoosten van het gebied. Indien dit materiaal binnen 40 cm - mv. begint, bevat de bovengrond dikwijls grind zonder dat hier sprake is van grof zand (M50 > 210 µm). Als onzuiverheid binnen de gronden die met deze toevoeging zijn aangeduid, komen plekken voor waarbij dit materiaal dieper begint dan 40 cm - mv. en de bovengrond toch grind bevat. Dit

laatste hebben we dan laten prevaleren.

De mogelijkheden van capillaire nalevering vanuit het grondwater naar de onderkant van de wortelzone zijn van dit grove zand en/of grind beperkt. Men dient dan ook alert te zijn bij een diepere ontwatering, met name in gronden met Gt III en IV, omdat dan eerder verdroging zal optreden. De hoger gelegen gronden zijn minder kwetsbaar omdat die toch al verdrogingsgevoelig zijn.

.../g : Grof zand en/of grind beginnend tussen 40 en 150 cm - mv.

Deze toevoeging is over een oppervlakte van ongeveer 1103 ha aangetroffen. Ze komt verspreid in het gebied voor, behalve op de hooggelegen enkeerd- en laarpodzolgronden en in een deel van de laaggelegen beekerd- en gooreerdgronden. Wat betreft de capillaire nalevering en de gevolgen van diepere ontwatering geldt hetzelfde als bij de voorgaande beschrijving, maar met de opmerking dat, behalve bij de gronden met Gt III en IV, men ook alert dient te zijn bij gronden met Gt VIo.

4.3 Vergravingen

Ook dit kenmerk is niet bij de indelingscriteria van de gronden gebruikt en wordt daarom op de kaart met een bepaalde signatuur aangegeven. Er is in één soort vergravingen onderscheiden.

.../G: Afgegraven

Afgegraven gronden zijn op een viertal plaatsen aangetroffen binnen de veldpodzol-, gooreerd- en enkeerdgronden over een totale oppervlakte van circa 21 ha. Het doel van deze ingreep was, behalve het mogelijke financiële gewin, de gronden minder verdrogingsgevoelig te maken. De onderkant van de bewortelbare zone kwam immers dicht bij het grondwater te liggen. De werkwijze was als volgt. Eerst werd de humushoudende bovengrond opzij gezet, daarna werd het humusarme zand tot een bepaalde diepte uitgegraven en vervolgens werd de humushoudende grond weer teruggestort.

4.4 Overige onderscheidingen

De overige onderscheidingen zijn eenheden op de kaarten die om uiteenlopende redenen buiten het bodemkundig onderzoek zijn gebleven. In totaal betreft het een oppervlakte van 352,5 ha= 16%.

Bebouwing, wegen enz.

Verbreiding: Verspreid over het hele gebied

Oppervlakte: 116,8 ha= 5,2%

Toelichting: Voor wat betreft bebouwing zijn dit de gehuchten Brand, Hemelrijk en Oventje, het industrieterrein ten noorden van Zeeland, de jeugdgevangenis De Corridor en de grotere industriële- en landbouwbedrijven. Verder maakt ook het sportterrein aan de Boekelse Dijk deel uit van deze onderscheiding. De onderscheiden wegen betreffen de doorgaande verbindingen zoals de Corridorweg, Peelweg, Langenboomseweg, Boekelse Dijk, Verbindingsweg en Volkelse Weg.

Voormalige spoorweg

Verbreiding: In het zuidelijk deel van het gebied

Oppervlakte: 7,4 ha= 0,3%

Toelichting: Het betreft een tracé-gedeelte van het niet meer in werking zijnde voormalige "Duitse lijntje".

Bos

Verbreiding: De aaneengesloten bossen in het westen van het gebied, de Trentsche Bosschen en kleinere bospercelen verspreid over het gebied

Oppervlakte: 225,4 ha= 10,2%

Opgehoogd

Verbreiding: nabij Duifhuis

Oppervlakte: 3,0 ha= 0,1%

Toelichting: Het betreft een duidelijk in het landschap liggende voormalige stortplaats.

4.5 Resultaten van de laboratoriumanalyses

Over de grondmonsteranalyses (aanhangel 1) kan het volgende worden opgemerkt. De pH-KCL van de veldpodzol- en enkeerdgronden is duidelijk lager dan van de beekeerdgronden. Op zich is dat niet zo opmerkelijk omdat de beekeerdgronden in een kwelsituatie liggen en daardoor worden beïnvloed door basenrijk grondwater.

Het gehalte aan organische stof is normaal voor een zandgebied. Het leemgehalte is vrij laag. Dit geldt met name voor de beekeerdgronden (monster 4 en 5) die in zijn algemeenheid een hoger leemgehalte hebben. De zandgrofheid (M50) is, ook wanneer het dekzand betreft (de eerste 2 monsters van monster 1 en monster 3), vrij hoog. Van de andere kant valt het op dat, wanneer de bovengrond grind bevat, het zand toch nog matig fijn is (monster 2).

4.6 Resultaten van de grondwaterstandsberekeningen en conclusies

Uit metingen van de grondwaterstanden in de buizen W15 en W16 (Waterschap De Maaskant) blijkt dat in ieder geval in het westelijk deel van het gebied de grondwaterstand sinds de zomerperiode van 1995 tot begin 1997 een dalende tendens vertoont. Mogelijk is dit een gevolg van weersinvloeden.

Alle buizen die in dit rapport worden genoemd, laten door de bijzonder droge winterperiode (1996-1997) een diepe wintergrondwaterstand zien. In deze periode

is het niet mogelijk geweest, zoals in een gemiddelde winterperiode het geval is, een grondwaterstand te meten die het GHG-niveau benadert. Ook heeft dit tot gevolg gehad dat het traject van gemeten grondwaterstanden in de SC-buizen onvolledig is (geen hoge standen) om een betrouwbare regressie uit te voeren. Met de buizen W15, W16 en SCH is dit wel mogelijk, maar dit levert alleen resultaten op voor het inziingsgebied en niet voor de kwelgebieden in het oostelijk gedeelte.

Het GLG-niveau hebben we tijdens de periode van de veldopname met een relatief grote betrouwbaarheid kunnen schatten. Gedurende de periode september 1996 tot november 1996 waren de grondwaterstanden omstreeks GLG-niveau tot 1 à 2 decimeter ondieper op de lager gelegen gronden (Gt Vlo en lager). Deze nauwkeurige schatting van het GLG-niveau (getoetst aan grondwaterstandsmetingen in alle boorgaten) heeft ook positieve gevolgen voor de schatting van het GHG-niveau gehad. Door rekening te houden met een fluctuatie van 60 cm bij de gronden met Gt III en IVu en 90 cm bij de overige gronden, is het GLG-niveau vrij betrouwbaar aangegeven.

4.7 Grondwatertrappen

Met de grondwatertrappen wordt het niveau en de fluctuatie van het grondwater aangegeven. De grondwaterstanden zijn van grote betekenis voor de water- en luchthuishouding van de grond en zijn daardoor een belangrijke factor bij de bepaling van de gebruikswaarde van de grond. Er zijn in totaal 5 grondwatertrappen onderscheiden.

IIIa: GHG < 25 cm -mv.; GLG= 80-120 cm - mv.

Verbreiding: slechts één oppervlakte nabij Trent

Oppervlakte: 2,2 ha= 0,1%

Toelichting: Deze grondwatertrap wordt alleen aangetroffen bij de podzolgronden. Het zijn de natste gronden van het gebied. Deze gronden zijn in een gemiddeld jaar te nat voor akkerbouw-activiteiten.

IIIb: GHG= 25-40 cm - mv.; GLG= 80-120 cm - mv.

Verbreiding: Voornamelijk ten noorden en zuiden van Heihorst, ten westen van het gehucht Graspeel en in het zuidoosten van het gebied

Oppervlakte: 273,3 ha= 12,4%

Toelichting: Deze grondwatertrap komt bij alle bodemeenheden voor, behalve bij de zwak lemige gooreerdgronden en de enkeerdgronden. Deze gronden zijn iets beter ontwaterd dan de gronden met Gt IIIa. Op perceelsniveau worden hier en daar, zoals in de Graspeel wat nattere plekken getroffen. Met name de leemarme en zwak lemige gronden lenen zich vrij goed voor akkerbouw-activiteiten.

IVu: GHG= 40 - 80 cm - mv.; GLG= 80 - 120 cm - mv.

Verbreiding: Voornamelijk in de omgeving van Kreitsberg, het gehucht Graspeel

en in het zuidoosten van het gebied

Oppervlakte: 306,2 ha= 13,9%

Toelichting: Deze grondwatertrap komt bij alle bodemeenheden voor, doch hoofdzakelijk bij de gooreerd- en beekeerdgronden. In feite zijn deze gronden optimaal ontwaterd, afgezien van enkele nattere plekken op perceelsniveau. Het GHG-niveau bevindt zich vrijwel overal tussen 40 en 55 cm - mv. en het GLG-niveau tussen 100 en 120 cm - mv.

VIo: GHG= 40-80 cm - mv.; GLG= 120-180 cm - mv.

Verbreiding: Deze grondwatertrap komt over het gehele gebied voor behalve in het westelijk gedeelte

Oppervlakte: 737,2 ha= 33,4%

Toelichting: Deze grondwatertrap komt over het grootste gedeelte van het gebied voor en wordt bij alle bodemeenheden aangetroffen behalve bij de beekeerdgronden. Bij deze grondwatertrap is zelden sprake van wateroverlast. Naarmate de dikte van de humushoudende laag groter is en er geen grof zand en/of grind in voorkomt, of in de ondergrond, zal verdroging van dergelijke gronden geen al te ernstige vormen aannemen. Men kan derhalve vaststellen dat deze grondwatertrap de gunstigste is.

VIIId: GHG= 80-140 cm - mv.; GLG $\geq$ 180 cm - mv.

Verbreiding: Hoofdzakelijk in het westelijk deel van het gebied en ten noorden en zuiden van de Trentsche Bosschen

Oppervlakte: 317,3 ha= 14,4%

Toelichting: Deze grondwatertrap komt alleen voor bij de veldpodzol-, laarpodzol- en enkeerdgronden. Zeker de veldpodzolgronden, maar ook de laarpodzolgronden met grof zand en/of grind in de ondergrond zullen bij deze grondwatertrap droogtegevoelig zijn. De GLG bij deze grondwatertrap bevindt zich tussen 180 en 240 cm - mv.

VIIIId: GHG $\geq$ 140 cm - mv.; GLG $\geq$ 180 cm - mv.

Verbreiding: Enkele kleine oppervlakten in het noordelijk en het centrale deel van het gebied doch hoofdzakelijk in het westen

Oppervlakte: 217,9 ha= 9,9%

Toelichting: Evenals bij de voorgaande grondwatertrap komt ook grondwatertrap VIIIId alleen voor bij de veldpodzol-, laarpodzol- en enkeerdgronden. De GHG bevindt zich meestal tussen 140 en 200 cm - mv. en de GLG tussen 230 en 300 cm - mv. De vochtvoorziening voor de gewassen is bij deze gronden geheel aangewezen op de vochtinhoud van het bewortelbare deel van het profiel. Voor diep wortelende gewassen zoals bieten en maïs is met name op de enkeerdgronden toch een redelijke opbrengst te verwachten.

4.8 Geologische dwarsdoorsneden

Op de eerste plaats blijkt uit de geologische dwarsdoorsneden de al eerder vermelde maaiveldshelling van west naar oost. In doorsnede A verloopt deze van circa 18,50 m naar 15,50 m, in doorsnede B van circa 20,50 m naar 17,75 m en in doorsnede C van circa 21,50 naar 17,75 m.

Verder blijkt dat op de meeste plaatsen de Formatie van Twente aan de oppervlakte ligt. De afzettingen bestaan meestal uit leemarm, matig fijn zand (dekzand) en op enkele plaatsen is in de doorsneden B en C zwak en sterk lemig, zeer fijn en matig fijn zand (fluvioperiglaciale afzettingen) aangetroffen met een laagdikte van enkele decimeters.

De Formatie van Veghel is vrijwel overal aangetroffen. Plaatselijk al vanaf maaiveld, vooral in de doorsneden A en C, en vrijwel overal binnen 3,0 m - mv. De begindiepte van dit materiaal varieert vrij sterk op korte afstand. Er valt een duidelijk geulenpatroon in waar te nemen. De afzetting is meestal samengesteld uit grof zand en/of grind en op een enkele plaats komt zware leem voor (mogelijk een opvulling in een voormalige geul).

In de doorsneden is te zien dat het grondwater in het grootste deel van het gebied van west naar oost stroomt. In het westelijk deel is echter een kentering waar te nemen; daar stroomt het grondwater in westelijke richting.

Van de aanwezige breuken in dit gebied is binnen het kader van ons onderzoek niets waargenomen. Hieruit kan geconcludeerd worden, en is ons tevens bevestigd door NITG-TNO (district Zuid), dat de invloedssfeer van de breuken niet tot aan het maaiveld reikt maar beperkt blijft tot in de diepere ondergrond (tot in de Formatie van Veghel). Mogelijk dat, ter hoogte van de breuk in doorsnede B, de aanwezige knik in het maaiveld gestuurd is door deze breuk. Dit geldt evenzo voor een knik in de Formatie van Veghel in doorsnede C (enkele honderden meters westwaarts van de breuk). Het zogenaamde wijstverschijnsel (hoge gronden nat en direct ernaast gelegen lage gronden droog) is in dit gebied nagenoeg niet aangetroffen. Alleen ten noordoosten van Duifhuis komt een geringe oppervlakte voor (nabij de aangegeven breuk op fig. 2) die duidt op het befaamde wijstverschijnsel.

Literatuur

Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. *Systeem van Bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus*. Wageningen, PUDOC.

Bannink, M.H., B.J. Bles en A.F. van Holst, 1985. *Bodemkundig agrohydrologisch onderzoek Oostelijk Noord-Brabant. Kaartblad 51 Oost*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 1777.

Bodemkaart van Nederland, 1976. *Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000; toelichting bij blad 45 Oost, 's-Hertogenbosch, 46 West-46 Oost Vierlingsbeek*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

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.

Domhof, J., 1953. *Strooiselwinning voor potstallen in verband met de profielopbouw van heide- en oude bouwlandgronden*. Boor en spade VI, 142-203.

Donker, H.J., 19.?. *Gennep en de Noord-Brabantse Spoorweg Mij. Maas en Niersreeks* nr. 1.

Hendriks, J.A., 1977. *"Natuurpark de Maashorst"*. Den Dungen.

Historische Atlas Noord-Brabant, 1989, *Chromotopografische Kaart des Rijks, 1 : 25 000*.

Holst, A.F. van, W.J.M. te Riele en B.J. Bles, 1988. *Bodemkundig-agrohydrologisch onderzoek Midden- en Oost Brabant*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 1864.

Holst, A.F. van, H.R.J. Vroon en B.J. Bles, 1990. *Bodemkundig-agrohydrologisch onderzoek West-Brabant*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 42.

Kleinsman, W.B., J.A.M. ten Cate en M.W. v.d. Berg, 1983. *Geomorfologische kaart van Nederland, schaal 1: 50 000, kaartblad 45, 's-Hertogenbosch*, Wageningen, Stichting voor Bodemkartering en Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

Laat, P.J.M. de , 1972. *Een automatische berekening met behulp van een digitale computer van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking volgens het algoritme van Rijtema*. Wageningen, LH, afd. Cultuurtechniek. Scriptie.

Landinrichting en Beheer Landbouwgronden, Noord-Brabant, 1994. *Onderzoeks basis-dokument van de ruilverkaveling met een administratief karakter Graspeel*. Tilburg.

Landinrichting en Beheer Landbouwgronden, Noord-Brabant, 1996. *NUBL W2-project; Vernieuwing in aanpak waterbeheer landbouwgronden*. Tilburg.

Randen, IJ. van, Th.G.C. van der Heijden en J. Stolp, 1995. *Beheersdokumentatie BOPAK versie 2.1*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Dokument 5.

Rijtema, P.E., 1971. *Een berekeningsmethode voor de benadering van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekkingen*. Notanr. 578. Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.

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 Dokument 3.

Zagwijn, W.H. en C.J. van Staalduinen, 1975. *Toelichting bij Geologische Overzichtskaarten van Nederland*. Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

Aanhangsel 1 Grondmonsteranalyses

Monster- nummer	Eenheid bodem- kaart (kaart 1)	Diepte (cm - mv.)	pH- KCL	Org. stof (%)	Fractieverdeling (% van de minerale delen)									M50 (µm)
					0-2	2-16	16-50	50-105	105-150	150-210	210-300	300-2000	leem (<50 µm)	
1	Hn51	0-30	5,0	3,4	2,6	1,4	1,5	10,8	25,6	35,6	15,6	6,9	5,5	170
	Hn51	40-90	4,7	1,0	2,2	0,1	0,9	11,1	28,2	37,9	14,2	5,4	3,2	165
	Hn51	90-120	4,4	0,5	3,4	1,1	3,9	1,6	3,3	8,7	27,6	50,4	8,4	± 315
2	Hn51	0-30	4,1	3,0	2,3	1,6	5,0	9,8	18,5	26,9	14,9	21,0	8,9	190
3	zEZ51	0-80	4,3	5,2	3,1	2,2	1,2	7,4	26,6	37,0	16,3	6,2	6,5	170
4	tZg54	0-30	6,3	3,5	6,0	2,3	2,2	5,0	16,4	31,2	25,5	11,4	10,5	195
	tZg54	30-80	6,0	0,2	1,3	0,7	2,1	7,2	18,3	35,4	22,6	12,4	4,1	190
5	tZg54	0-30	5,8	4,5	6,5	2,6	4,7	5,2	12,7	32,1	24,1	12,1	13,8	195

Aanhangsel 2 Gemeten grondwaterstanden (cm - mv.) in buizen van Waterschap De Maaskant

buis- nr	1994															
	14-01	28-01	10-02	23-02	11-03	07-04	20-04	17-05	01-06	22-06	06-07	21-07	25-08	06-09	19-09	04-10
W1	75	56	83	93	71	66	82	88	95	95	104	104	106	103	73	68
W2	93	84	107	123	87	85	110	123	128	123	142	164	179	173	152	137
W3	88	80	103	116	86	80	110	116	127	125	144	157	183	183	148	128
W6	59	50	73	84	52	44	76	81	90	89	105	123	139	134	104	92
W7	64	55	73	87	65	65	66	67	66	87	67	103	103	104	103	98
W8	70	65	79	98	66	66	86	100	106	97	119	129	140	135	109	98
W9	57	39	69	89	46	44	79	95	105	100	123	168	174	182	169	148
W10	44	26	57	79	33	28	68	84	95	94	122	156	186	199	193	165
W11	74	56	86	105	64	57	94	111	120	119	150	171	193	196	186	164
W12	36	23	48	75	26	19	57	81	97	102	129	147	169	173	158	140
W13	74	57	85	105	66	60	92	104	112	108	130	146	145	143	124	103
W14	86	73	91	104	77	74	98	102	109	113	125	139	157	160	134	119
W15	66	49	72	83	54	43	76	84	92	94	107	127	148	153	135	117
W16	84	67	86	111	54	44	84	115	128	136	156	179	225	232	224	217

Vervolg Aanhangsel 2

buis- nr	1994		1995													
	09-10	04-11	25-11	03-01	20-01	03-02	21-02	07-03	24-03	06-04	18-04	08-06	22-06	05-07	19-07	03-08
W1	96	81	86	64	77	68	70	71	86	85	69	74	93	105	108	106
W2	142	118	120	89	101	87	88	97	108	107	114	116	121	146	165	160
W3	145	125	119	84	96	81	81	92	105	104	96	118	130	154	174	175
W6	103	85	85	56	68	50	47	66	74	75	79	78	85	109	125	124
W7	100	63	73	38	43	42	45	49	48	51	52	55	56	57	56	56
W8	103	86	86	67	75	69	72	78	83	81	92	95	92	123	131	133
W9	125	94	87	48	71	50	46	58	79	81	73	91	92	128	170	178
W10	121	94	84	37	53	36	35	52	65	67	68	81	87	115	148	160
W11	143	117	108	68	83	66	65	78	92	93	91	103	101	138	170	184
W12	135	110	96	41	54	30	23	44	60	60	56	87	85	124	144	164
W13	116	91	98	65	83	63	64	70	89	88	82	100	99	133	142	156
W14	125	107	106	78	93	76	78	81	92	93	85	101	108	131	141	150
W15	115	102	95	64	71	53	50	61	73	74	66	88	95	110	127	145
W16	207	201	185	126	112	70	57	73	95	89	92	137	138	165	186	206

Vervolg Aanhangsel 2

buis- nr	1995				1996															
	22-08	04-09	19-09	04-10	17-10	01-11	24-11	07-12	21-12	05-01	25-01	08-02	22-02	06-03	22-03	04-04				
W1	120	114	107	93	103	103	94	99	91	96	99	102	88	88	96	98				
W2	197	187	183	172	165	170	164	165	166	151	154	160	137	136	145	149				
W3	207	198	197	181	178	183	178	181	178	164	170	181	147	143	151	156				
W6	156	146	144	126	129	131	127	131	131	118	122	128	107	106	111	116				
W7	57	56	56	56	57	58	57	58	58	59	59	58	55	55	55	55				
W8	160	154	148	124	130	135	118	124	122	110	111	124	97	96	106	109				
W9	211	181	178	171	161	163	159	158	157	140	138	147	120	111	124	128				
W10	188	176	174	165	156	158	155	154	155	136	135	142	119	109	119	124				
W11	210	200	200	192	183	185	182	181	181	165	161	167	148	136	145	150				
W12	184	188	189	180	179	184	181	181	180	166	162	165	152	143	143	147				
W13	179	164	161	154	148	148	144	143	143	131	130	135	111	110	121	125				
W14	169	173	173	160	162	170	163	166	169	150	152	159	135	131	138	143				
W15	166	164	166	159	161	172	168	172	173	155	155	161	148	140	141	146				
W16	232	242	251	256	259	264	270	273	276	267	270	273	272	260	258	263				

Vervolg Aanhangsel 2

buis- nr	1996																06-12
	23-04	07-05	21-05	06-06	19-06	03-07	16-07	06-08	21-08	03-09	16-09	03-10	24-10	07-11	20-11		
W1	97	100	104	99	108	110	112	119	110	84	98	84	89	82	68	73	
W2	150	164	169	168	174	184	187	205	194	144	156	159	147	133	114	101	
W3	163	182	192	197	203	209	215	230	223	169	176	165	167	151	128	115	
W6	118	131	137	138	147	153	161	179	162	118	124	115	118	107	89	77	
W7	54	50	51	50	51	51	51	49	50	48	48	48	48	49	49	50	
W8	114	125	135	123	127	139	145	151	143	104	108	109	105	95	85	75	
W9	134	162	163	168	161	172	183	212	199	130	134	128	123	105	86	65	
W10	128	143	152	146	149	160	169	191	181	138	132	131	125	106	81	55	
W11	154	165	174	171	173	183	192	210	201	170	161	162	155	139	113	85	
W12	150	165	170	173	170	179	185	199	190	178	167	167	162	154	131	87	
W13	126	139	147	142	145	150	159	172	161	116	130	116	119	101	84	74	
W14	147	155	161	160	164	173	179	188	188	161	165	166	160	150	127	104	
W15	150	158	167	169	180	182	182	194	192	175	174	178	175	166	146	112	
W16	266	272	278	281	281	285	289	298	301	301	296	302	303	301	286	269	

Aanhangsel 3 Gemeten grondwaterstanden (cm - mv.) van SC-buizen, en de buizen L21 en SCH

Buis-nr.	1996 15-05	28-05	13-06	28-06	16-07	29-07	16-09	27-09	14-10	28-10	14-11	28-11	1997 14-01	29-01	28- 02
1	82	72	79	95	95	99	72	74	68	60	49	48	68	66	54
2	153	130	131	153	148	156	125	134	131	120	90	86	128	125	90
3	--	95	95	117	123	123	91	97	92	86	59	53	92	85	53
4	97	88	94	110	123	123	100	103	95	90	69	64	88	81	60
5	166	165	165	176	182	189	168	173	166	162	137	114	132	130	80
6	249	250	253	268	266	274	263	265	266	266	255	240	217	225	182
7	185	183	183	192	198	203	203	208	208	204	188	176	160	168	125
8	232	232	229	240	243	249	239	242	242	241	230	216	199	200	158
9	172	174	166	174	182	188	176	179	176	173	157	140	136	138	108
10	110	105	89	106	116	120	106	111	106	99	73	54	77	68	25
11	128	118	100	118	130	135	115	122	117	108	74	58	100	95	47
12	--	143	135	158	156	158	150	154	149	128	102	102	133	125	96
13	146	144	122	142	155	162	119	130	115	105	67	50	113	96	43
14	156	154	138	156	162	167	145	148	144	136	114	107	133	120	76
15	179	170	171	184	189	200	164	166	160	155	128	107	130	130	84
16	232	234	231	243	248	255	242	250	245	244	224	204	*	208	162
L21	182	179	181	>185	>185	>185	>185	>185	179	155	122	89	130	133	83
SCH	153	154	145	159	165	170	142	150	136	137	98	83	128	136	86

Aanhangsel 4 Oppervlakte (ha en %) van de eenheden op de bodem- en grondwatertrappenkaart

Eenheid	IIIa	IIIb	IVu	VIo	VIIId	VIIIId	Geen	Totaal
Hn51	2,2	29,0	90,0	529,5	220,3	125,5		996,6
	0,1	1,3	4,1	24,0	10,0	5,7		45,2
Veldpod-zolgronden	2,2	29,0	90,0	529,5	220,3	125,5		996,6
	0,1	1,3	4,1	24,0	10,0	5,7		45,2
cHn51		2,6	13,3	103,2	46,2	25,0		190,3
		0,1	0,6	4,7	2,1	1,1		8,6
Laarpod-zolgronden		2,6	13,3	103,2	46,2	25,0		190,3
		0,1	0,6	4,7	2,1	1,1		8,6
tZn51		53,2	125,7	27,4				206,4
		2,4	5,7	1,2				9,4
tZn53				8,0				8,0
				0,4				0,4
Gooreerd-gronden (dun)		53,2	125,7	35,4				214,3
		2,4	5,7	1,6				9,7
cZn51		7,3	23,4	8,8				39,5
		0,3	1,1	0,4				1,8
Gooreerd-gronden (matig dik)		7,3	23,4	8,8				39,5
		0,3	1,1	0,4				1,8
tZg52		53,4	46,5					99,9
		2,4	2,1					4,5
tZg54		128,1						128,1
		5,8						5,8
Beekeerd-gronden		181,5	46,5					227,9
		8,2	2,1					10,3
zEZ51			7,3	60,4	50,8	67,4		186,0
			0,3	2,7	2,3	3,1		8,4
Enkeerd-gronden			7,3	60,4	50,8	67,4		186,0
			0,3	2,7	2,3	3,1		8,4
Bebouw							75,5	75,5
weg							3,4	3,4
Spoorl							25,4	25,4
							1,1	1,1
Bos							7,4	7,4
							0,3	0,3
Sprtv							224,7	224,7
							10,2	10,2
Ophoog							15,9	15,9
							0,7	0,7
Diversen							3,0	3,0
							0,1	0,1
Totaal							351,8	351,8
							15,9	15,9
Totaal	2,2	273,7	306,2	737,2	317,3	217,9	351,8	2206,4
	0,1	12,4	13,9	33,4	14,4	9,9	15,9	100,0

Aanhangsel 5 Vergelijking van de codering van de legenda-eenheden op de bodemkaart, schaal 1 : 25 000 (kaart 1), met die van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000

Naam	Code op de bodemkaart	Code op de Bodemkaart van Nederland
ZANDGRONDEN		
Veldpodzolgronden	Hn51	Hn21
Laarpodzolgronden	cHn51	cHn21
Gooreerdgronden	tZn51	pZn21
	tZn53	pZn21
	cZn51	pZn21
Beekeerdgronden	tZg52	pZg21
	tZg54	pZg23
Enkeerdgronden	zEZ51	zEZ21

**Aanhangsel 6 Rekengegevens van de berekening van
opbrengstveranderingen**

Vlak- num- mer	Kaart een- heid	Grond- water- trap	Eff. wor- tel- zone cm-mv.	B.gr. vocht- karak- teris- tiek	O.gr. type	Huidige hydrologische situatie in cm - mv.		
						GHG	GVG	GLG
1001	Hn51/g	VIo	30	2	11	60	80	150
1002	Bos	-						
1003	Hn51/g	IIIB	30	2	11	35	50	110
1004	Hn51/g	IVu	30	2	11	55	70	130
1005	Hn51/g	VIo	30	2	11	50	70	140
1006	cHn51/g	VIo	35	2	11	50	70	150
1007	cHn51/g	VIIId	35	2	11	90	110	180
1008	Hn51	IVu	30	2	15	50	65	125
1009	Hn51/g	IIIB	25	2	11	35	50	110
1010	zEZ51	VIIId	40	2	55	110	130	200
1011	cHn51/g	VIo	40	2	67	60	80	150
1012	Bos	-						
1013	zEZ51/g	VIIId	40	2	55	120	140	200
1014	zEZ51/g	VIIId	40	2	55	180	200	270
1015	zEZ51/g/G	VIo	40	2	8	75	95	170
1016	Ophoog	-						
1017	zEZ51/g	VIIId	40	2	8	200	220	290
1018	Hn51/g	VIIId	30	2	11	175	195	265
1019	cHn51	VIo	35	2	6	55	75	140
1020	cHn51/g	VIo	35	2	11	80	100	175
1021	Hn51/g	VIo	30	2	11	50	70	140
1022	Bos	-						
1023	zEZ51	VIIId	40	2	46	175	195	265
1024	Bos	-						
1025	Hn51	VIo	30	2	11	60	80	150
1026	Bos	-						
1027	zEZ51	IVu	40	2	41	50	65	120
1028	cHn51/g	IIIB	35	2	11	30	45	105
1029	zEZ51	IVu	40	2	46	50	65	120
1030	zEZ51/g	VIo	40	2	61	85	105	180
1031	g/tZn51	IVu	30	2	17	50	65	120
1032	g/tZn51	IVu	30	2	11	50	65	110
1033	g/Hn51	IVu	30	2	11	45	60	115
1034	tZn51/g	IIIB	30	2	11	30	45	100
1035	g/Hn51	VIo	30	2	11	60	80	150
1036	tZg52	IVu	30	5	61	50	65	120
1037	Hn51/g	IVu	30	2	11	50	65	120
1038	Hn51	VIo	30	2	5	60	80	150
1039	tZg54	IIIB	30	5	61	30	45	95
1040	Bos	-						
1041	tZg54/g	IIIB	30	15	61	30	45	90
1042	g/tZg54	IIIB	30	5	61	30	45	95
1043	Bos	-						
1044	tZn51/g	IVu	30	2	11	45	60	115
1045	Hn51/g	IVu	30	2	11	50	65	110

1046	g/Hn51	IIIB	30	2	17	30	45	100
1047	cZn51/g	VIO	30	2	11	40	60	125
1048	Hn51/g	IVu	30	2	8	55	70	130
1049	Hn51/g	VIO	30	2	11	65	85	150
1050	g/Hn51	IVu	30	2	17	50	65	120
1051	g/cHn51	IVu	35	2	42	45	60	115
1052	zEZ51/g	VIO	40	2	9	55	75	145
1054	cHn51/g	VIO	35	2	11	70	90	160
1055	zEZ51	VIIId	40	2	11	120	140	200
1056	cHn51	VIO	35	2	11	60	80	150
1057	zEZ51	VIIId	40	2	60	100	120	195
1058	zEZ51	VIIId	40	2	60	180	200	270
1059	tZn51	VIO	30	2	9	75	95	170
1060	Bebouw	-						
1061	Hn51/g	VIO	30	2	11	45	65	135
1062	Weg	-						
1063	Hn51/g	VIO	30	2	11	40	60	125
1064	Hn51/g	VIO	30	2	11	40	60	125
1065	tZg54/g	IIIB	30	5	61	30	45	100
1066	g/tZg54	IIIB	30	15	71	30	45	95
1067	tZg54/g	IIIB	30	15	61	30	45	95
1068	Hn51/g	VIO	30	2	11	45	65	125
1069	g/cHn51	VIO	35	2	11	45	65	130
1070	tZg54/g	IIIB	30	5	61	30	45	95
1071	tZg52	IVu	30	5	61	45	60	115
1072	Hn51/g	VIO	30	2	11	45	65	135
1073	tZn51/g	IVu	30	2	11	45	60	115
1074	g/tZg54	IIIB	30	15	61	35	50	105
1075	tZg54/g	IIIB	30	2	11	35	50	105
1076	Bebouw	-						
1077	Hn51/g	IIIB	30	2	11	30	45	100
1078	tZg54/g	IIIB	30	5	61	30	45	100
1079	Hn51/g	IIIB	30	5	11	30	45	100
1080	g/Hn51	VIO	30	2	11	50	70	135
1081	Bos	-						
1082	Hn51/g	IVu	30	2	42	50	65	120
1083	Bebouw	-						
1084	tZg52	IVu	30	5	9	45	60	110
1085	tZg52/g	IVu	30	5	61	40	55	105
1086	tZn51/g	IVu	30	7	11	45	60	115
1087	g/tZn51	IVu	30	2	17	50	65	120
1088	Hn51/g	VIO	30	2	9	50	70	140
1089	tZn51/g	IVu	30	2	11	50	65	115
1090	tZn51/g	IIIB	30	2	11	30	45	100
1091	Hn51/g	VIO	30	2	11	55	75	145
1092	tZn51	IVu	30	2	5	45	60	115
1093	Hn51	VIO	30	2	5	60	80	150
1094	tZg52	IIIB	30	5	61	30	45	95
1095	tZn51	IIIB	30	2	11	30	45	105
1096	Hn51	IVu	25	2	5	50	65	115
1097	tZn51	IVu	25	2	5	50	65	120
1098	Hn51/g	VIO	30	2	11	50	70	135
1099	g/tZn51	IVu	30	2	17	45	60	110
1100	tZn51	IVu	30	2	5	45	60	115
1101	Hn51	IIIB	30	2	5	30	45	100
1102	Hn51	VIO	30	2	5	50	70	140
1103	Hn51	IIIB	30	2	5	40	55	110
1104	Hn51	IIIB	30	2	5	30	45	100
1105	Hn51	IIIB	30	2	11	35	50	115
1106	g/Hn51	VIIId	30	2	17	85	105	180
1107	Hn51/g	VIIId	30	2	55	100	120	190
1108	g/tZn51/G	VIO	30	2	42	45	65	135

1109	Hn51/g	VIIId	30	2	11	110	130	200
1110	Bos	-						
1111	Bebouw	-						
1112	Bos	-						
1113	Bebouw	-						
1114	zEZ51	VIIIId	40	2	60	175	195	265
1115	zEZ51/g	VIIId	40	2	41	105	125	195
1116	Bebouw	-						
1117	Hn51/g	VIIId	30	2	11	125	145	215
1118	g/Hn51	VIIId	30	2	11	125	145	215
1119	g/Hn51	VIIId	30	2	11	120	140	210
1120	cHn51/g	VIIId	35	2	42	115	135	205
1121	cHn51/g	VIIIId	35	2	21	145	165	235
1122	cHn51/g	VIIId	35	2	61	135	155	230
1123	Bos	-						
1124	cHn51/g	VIIIId	35	2	42	160	220	250
1125	zEZ51/g	VIIIId	40	2	69	200	220	290
1126	Hn51/g	VIIId	25	2	11	130	150	220
1127	Bos	-						
1128	Bebouw	-						
1129	Hn51/g	VIIIId	30	2	11	175	195	265
1130	g/Hn51	VIIIId	30	2	42	145	165	235
1131	Hn51/g	VIIIId	30	2	11	175	195	265
1132	Bos	-						
1133	Bos	-						
1134	Bos	-						
1135	Hn51	VIIIId	30	2	11	170	190	265
1136	g/Hn51	VIIIId	30	2	11	165	185	255
1137	Hn51/g	VIIId	30	2	11	115	135	210
1138	Hn51	VIIIId	30	2	11	170	190	260
1139	zEZ51	VIIIId	40	2	67	175	195	265
1140	zEZ51/g	VIIIId	40	2	67	200	220	290
1141	cHn51/g	VIIId	35	2	9	145	165	235
1142	cHn51/g	VIIIId	30	2	8	150	170	240
1143	g/Hn51	VIIIId	30	2	42	160	180	250
1144	g/Hn51	VIIId	30	2	42	135	155	225
1145	Bos	-						
1146	Bebouw	-						
1147	cHn51/g	VIO	35	2	8	50	70	140
1148	cHn51/g	IVu	30	2	11	45	60	115
1149	cHn51/g	VIO	35	2	11	55	75	150
1150	Bebouw	-						
1151	cHn51/g	VIIId	35	2	6	85	105	180
1152	Bebouw	-						
1153	zEZ51	VIIId	40	2	19	95	115	190
1154	Hn51/g	VIO	30	2	5	70	90	160
1155	Sportv	-						
1156	Hn51/g	VIO	30	2	11	65	85	155
1157	Hn51	IVu	30	2	5	50	65	120
1158	Hn51/g	VIO	30	2	11	65	85	155
1159	zEZ51/g	VIIIId	40	2	55	200	220	290
1160	Bebouw	-						
1161	cHn51/g	VIIId	35	2	11	135	155	230
1162	cHn51/g	VIIId	35	2	11	135	155	230
1163	zEZ51/G	VIIId	40	2	13	100	120	190
1164	Bos	-						
1165	Bos	-						
1167	Hn51/g	VIIId	25	2	11	80	100	180
1168	zEZ51	VIIIId	40	2	60	145	165	245
1170	tZn51/g	IVu	30	2	11	55	70	120
1171	cZn51/g	IVu	35	2	6	55	70	125
1172	zEZ51/g	VIIId	40	2	13	100	120	190

1173	tZn51/g	IIIB	30	7	11	30	45	100
1174	tZn51/g	IVu	30	2	11	50	65	120
1175	zEZ51	VIo	40	2	14	65	85	155
1176	Hn51/g	IIIB	30	2	8	30	45	100
1177	g/cZn51	IVu	35	2	17	50	65	115
1178	Bebouw	-						
1179	Bos	-						
1180	cZn51/g	IIIB	30	2	11	30	45	100
1181	cZn51/g	IVu	35	2	11	50	65	120
1182	cZn51/g	IVu	35	2	11	45	60	120
1183	g/tZn51	IIIB	25	2	17	25	40	90
1184	zEZ51/g	VIo	40	2	13	55	75	145
1186	tZg52/g	IIIB	30	5	61	30	45	100
1188	zEZ51/g	IVu	40	2	77	45	60	110
1189	cHn51/g	VIo	30	2	6	60	80	150
1190	cZn51/g	IVu	35	5	40	50	65	120
1191	zEZ51	VIIId	40	2	7	155	175	245
1192	zEZ51	VIII	40	2	19	110	130	200
1193	zEZ51	VIIId	40	2	11	100	120	190
1194	Hn51/g	VIo	30	2	5	45	65	130
1195	Bebouw	-						
1196	Hn51/g	VIo	30	2	5	45	65	135
1197	Bebouw	-						
1198	zEZ51/g	VIIId	40	2	41	200	220	290
1199	zEZ51	VIIId	40	2	19	160	180	250
1200	cHn51/g	VIIId	35	2	11	120	140	210
1201	zEZ51/g	VIIId	40	2	9	130	150	220
1202	Hn51/g	VIIId	30	2	11	125	145	215
1203	cHn51/g	VIIId	35	2	11	140	160	250
1204	cHn51/g	VIIId	35	2	11	140	160	250
1205	zEZ51/g	VIIId	40	2	21	200	220	290
1206	Hn51/g	VIIId	30	2	11	145	165	235
1207	g/Hn51	VIIId	30	2	17	130	150	220
1208	cHn51/g	VIIId	35	2	61	145	165	235
1209	Bos	-						
1210	g/Hn51	VIIId	30	2	42	150	170	240
1211	cHn51/g	VIIId	35	2	8	160	180	250
1212	Hn51/g	VIIId	30	2	8	155	175	245
1213	Bos	-						
1214	cZn51/g	VIo	30	2	11	90	110	180
1215	g/Hn51	VIIId	30	2	17	120	140	210
1216	cHn51/g	VIIId	35	2	8	110	130	200
1217	Hn51/g	VIIId	30	2	11	110	130	200
1218	zEZ51	VIIId	40	2	9	100	120	190
1219	zEZ51	VIIId	40	2	46	160	180	250
1220	Hn51	VIIId	30	2	5	175	195	265
1221	Hn51	VIIId	30	2	5	160	180	250
1222	Hn51/g	VIIId	30	2	5	160	180	250
1223	Hn51	VIIId	30	2	5	160	180	250
1225	Hn51/G	VIIId	30	2	55	100	120	190
1226	Hn51/g	VIo	30	2	11	70	90	160
1227	cHn51	VIo	35	2	5	75	95	165
1228	cHn51	VIIId	35	2	6	90	110	185
1229	cHn51/g	VIo	35	2	6	60	80	150
1230	cHn51/g	VIIId	35	2	11	90	110	180
1231	cHn51	VIo	35	2	6	75	95	165
1232	Hn51/g/G	VIo	30	2	46	75	95	170
1233	Hn51	VIII/d	30	2	5	170	190	260
1234	tZn51/g	VIo	30	2	11	50	70	135
1235	tZn51/g	IVu	35	2	11	50	65	115
1236	Bebouw	-						
1237	cHn51	VIo	35	2	6	65	85	155

1239	Hn51	VIIId	30	2	5	100	120	190
1240	Hn51	IVu	30	2	5	55	70	120
1241	Hn51/g	VIO	30	2	11	55	75	145
1242	g/Hn51	VIIId	30	2	17	90	110	185
1243	Hn51	VIIId	30	2	5	110	130	200
1244	cHn51	VIO	35	2	5	65	85	155
1245	Hn51/g	IIIIa	30	2	11	20	40	115
1246	Bebouw	-						
1247	Hn51/g	VIIId	30	2	11	90	110	180
1248	Hn51/g	VIO	30	2	11	70	90	165
1249	cHn51/g	VIIId	35	2	9	100	120	190
1250	Bos	-						
1251	Hn51	VIO	25	2	5	65	85	155
1252	Hn51	VIIId	30	2	5	95	115	190
1253	Hn51/g	VIIId	30	2	11	95	115	185
1254	Bos	-						
1255	Hn51/g	VIIId	30	2	5	100	120	190
1256	Hn51/g	VIIId	30	2	5	150	170	250
1257	Hn51/g	VIIId	30	2	11	100	120	190
1258	Hn51/g/G	VIO	30	2	55	65	85	155
1259	tZn51/g/G	VIO	30	2	21	75	95	165
1260	Hn51	VIIId	30	2	5	90	110	180
1261	Bebouw	-						
1262	Hn51/g	VIIId	30	2	11	90	110	180
1263	Hn51/g	VIO	30	2	11	65	85	155
1264	Hn51	VIIId	30	2	5	105	125	195
1265	Hn51	VIO	30	2	11	70	90	160
1266	Hn51	VIIId	30	2	5	140	160	230
1267	Hn51/g	VIIId	30	2	61	90	110	180
1268	Hn51/g	VIO	30	2	42	75	95	165
1269	Spoor1	-						
1270	Hn51/g	IVu	30	2	11	40	55	105
1271	Bebouw	-						
1272	Bebouw	-						
1273	Bos	-						
1274	g/Hn51	VIIId	30	2	42	145	165	240
1275	g/Hn51	VIIId	30	2	17	90	110	185
1276	Bos	-						
1277	Hn51/g	VIIId	30	2	11	105	125	195
1278	Hn51	VIIId	25	2	5	105	125	195
1279	tZn51/g	VIO	30	2	6	60	80	150
1280	Hn51/g	VIO	30	2	8	60	80	145
1281	Hn51/g	IIIIb	30	2	11	30	45	120
1282	g/Hn51	VIO	30	2	17	55	75	140
1283	tZn51/g	IIIIb	30	2	8	35	50	120
1284	Hn51/g	VIO	30	2	8	55	75	145
1285	Hn51/g	VIIId	30	2	8	90	110	180
1286	tZn53/g	VIO	30	7	61	50	70	140
1287	g/Hn51	IVu	25	11	17	45	60	110
1288	Hn51/g	IVu	30	2	8	50	65	115
1289	Hn51/g	VIO	30	2	11	50	70	130
1290	tZn51	IVu	30	2	5	55	70	120
1291	tZn51/g	IVu	30	2	11	50	65	120
1292	Hn51/g	VIIId	30	25	95	95	115	
1293	Hn51	VIO	30	2	5	65	85	155
1294	Weg	-						
1295	Bebouw	-						
1296	Hn51	VIO	30	2	5	60	80	145
1297	tZn51	IVu	30	2	5	50	65	115
1298	tZn51/g	IVu	30	2	11	45	60	115
1299	Hn51	IVu	25	2	5	50	65	120
1300	tZn51	IIIIb	30	2	5	30	45	95

1301	zEZ51/g	VIId	40	2	67	105	125	195
1302	Bebouw	-						
1303	tZn51/g	VIo	30	2	11	45	65	130
1304	tZn51	VIo	30	2	5	50	70	135
1305	zEZ51/g	VIIId	40	2	71	150	170	240

39/1256(157) '00x 2' d'

Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden

Bodemvorming, methoden en begrippen

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

**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

26 JUNI 1997

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1996

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
3 Bodemgeschiktheidsbeoordeling	73
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 Slempegevoeligheid	79
3.2.6 Stuijgevoeligheid	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
4 Digitale bestanden van bodemgeografisch onderzoek en het gebruikersprogramma BOPAK	103
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 bodenvormende 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 ¹	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 ¹ 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 verkruimelbaarheid als afhankelijke van de samenstelling van de bouwvoor	79
34 Gradatie in slempgevoeligheid 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 akkerbouwmatische 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 lutumarme 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 ¹ naar het lutumgehalte	120
59 Indeling eolische afzettingen ¹ 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

<i>Aanhangsels</i>	
1 Landinrichtingsprojecten waarvoor BOPAK-bestanden beschikbaar zijn	127
2 BOPAK-gegevens in de tabellen boorpunt, horizont, kaartvlak en kaartenheid	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 afzettingsomstandigheden) 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 inzijgingssituatie, waardoor juist humus en ijzer zijn uitgespoeld. Lage zandgronden in een kwelsituatie zijn vaak beek- en broekeerdgronden; in een inzijgingssituatie 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 productie en omzetting van organische stof. Wat dat betreft wordt Nederland gekarakteriseerd door een matige productie 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-opeenvolging gehad vanaf het einde van het Pleistoceen tot heden. Palynologen hebben deze opeenvolging 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 anthropogene 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.

Veenvorming is uiteraard ook een ophoping van organische stof, waarbij eveneens factoren als tijd, klimaat, vegetatie en reliëf belangrijk zijn. Veenvorming 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 'verwerking' gesproken. In het algemeen wordt deze term echter alleen voor de afbraak van minerale delen gebruikt.

Veraarding en verwerking van veen gaat uiteraard ook gepaard met materieverlies, doordat de organische stof gedeeltelijk is gemineraliseerd tot onder andere CO_2 en H_2O ; hierdoor zakt het maaiveld.

1.2.2 Ontkalking en silicaatverwerking

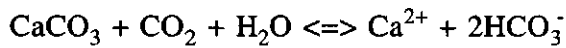
Verwerking van mineralen is in ons klimaat een zeer algemeen verschijnsel. Onder verwerking wordt de al dan niet volledige afbraak van de kristalstructuur van zowel primaire als secundaire mineralen verstaan alsmede de vorming van laatstgenoemde mineralen.

De verwerking 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 (H_2CO_3) en organische zuren door bodemflora en -fauna (produktie van H^+ -ionen);
- produktie van complexerende organische verbindingen (complexering van Fe en Al);
- afwisseling van droge en natte perioden (oxidatie-reductieverschijnselen, produktie van H^+ -ionen na oxidatie van Fe^{2+} tot Fe^{3+}).

Tussen de mineralen die in de bodem voorkomen, bestaan verschillen in oplosbaarheid. Vooral calcium- en magnesiumcarbonaten lossen gemakkelijker op dan silicaat-mineralen. 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 Ca^{2+} (en Mg^{2+})-ionen samen met de 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;

Ca^{2+} = equivalent geads. Ca^{2+} per kg grond;

Mg^{2+} = equivalent geads. Mg^{2+} per kg grond;

K^+ = mol geads. K^+ per kg grond;

Na^+ = mol geads. Na^+ per kg grond;

CEC = kationen uitwisselingscapaciteit (mol geadsorbeerde eenwaardige pluslading per kg droge grond).

De 'basische' kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ en Na^+) worden dan aan het adsorptie-complex gedeeltelijk vervangen door H^+ - en/of Al^{3+} (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 Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} zijn meestal slechts als sporenelementen aanwezig. De 'basische' kationen worden gedeeltelijk geadsorbeerd, maar ondervinden bij lage pH veel concurrentie van 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 ooiwaaggronden 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 vorstwaaggronden, 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 structuurelementen die door het rijpingsproces in een begaanbare, gescheurde en geoxideerde cultuurgrond verandert. Dit proces is onder optimale omstandigheden (goede ontwatering, geen kwel, geen potentiële katteklei) 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 structuurelementen 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 (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 amorse humus genoemd en ligt als huidjes rond de zandkorrels.

Amorse 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 uitspoelings-horizont, 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 bodemvorming 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. Fe^{3+} kan gereduceerd worden tot Fe^{2+} en Fe^{2+} -hydroxiden zijn veel beter oplosbaar dan 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 ($\text{pH-KCl} < 5$) 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 verstoren 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 (opsputten) 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 Gewas-onderzoek 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 halfmaandelijks 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_{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 referentiebuis 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 landschap-pelijke 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 ¹ in cm - mv.	GLG ¹ 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

¹ 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 ¹		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)

¹ 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 µm)	Code ¹			
fijn	uiterst fijn	50- 105	1	2	4	6
	zeer fijn	105- 150	3			
	matig fijn	150- 210	5	7	8	9
grof	matig	210- 420	7			
	zeer grof	420-2000	9			

¹ 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 ¹			
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

¹ 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 ¹		
zand	kleiarm zand	zeer kleiarm zand	0-3	1	2	
		matig kleiarm zand	3-5	3		4
	kleiïg zand		5-8	5		

¹ 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 ¹			
zavel	lichte zavel	zeer lichte zavel	8 - 12	0	1	2	
		matig lichte zavel	12 - 17,5	1			
	zware zavel		17,5 - 25	3		4	
klei	lichte klei		25 - 35	5			6
	zware klei	matig zware klei	35 - 50	7			
		zeer zware klei	50 - 100	9			8

¹ 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 ¹

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

¹ 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

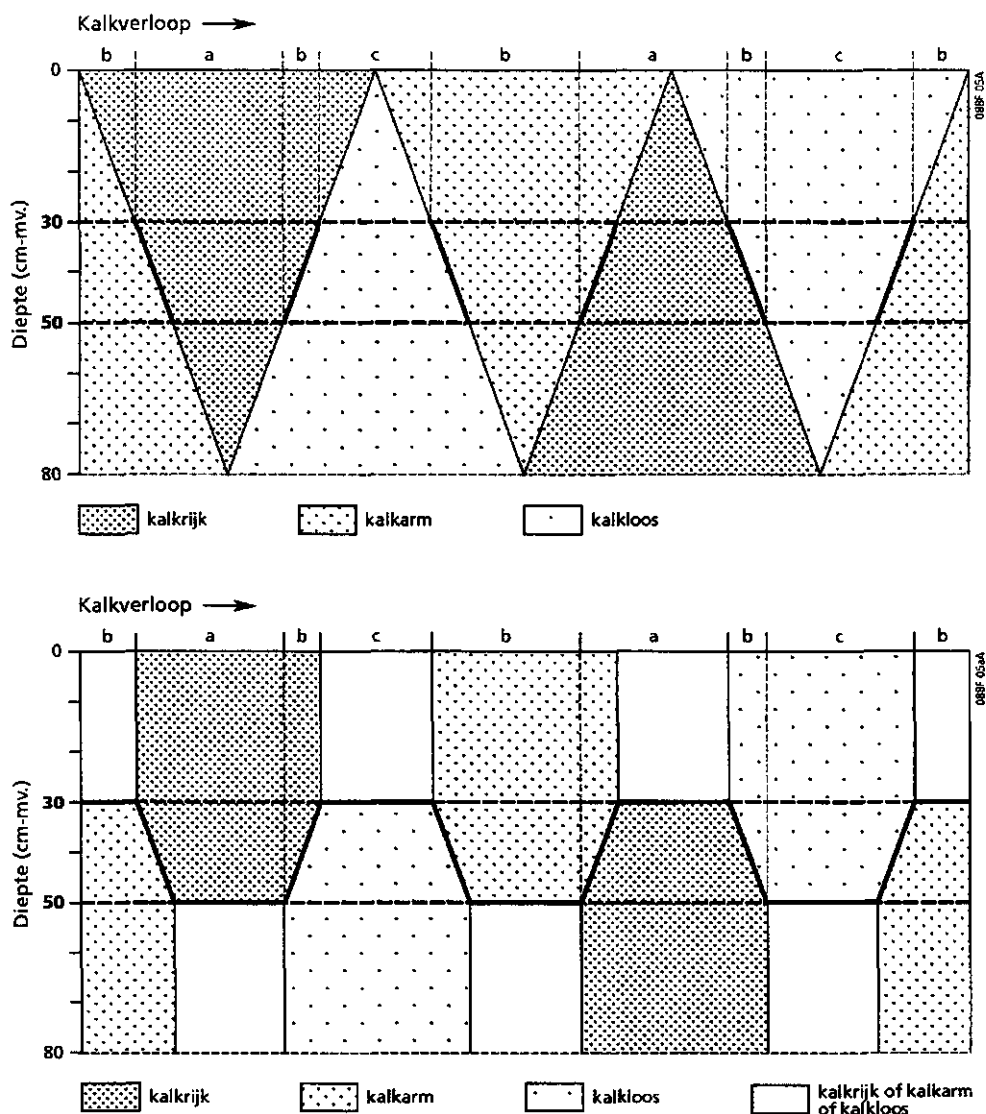


Fig. 1 Schematische voorstelling van de kalkverlopen in verband met het verloop van het koolzure-kalkgehalte

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 *kleiarmer* 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 veenkoloniale 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
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
niet-gerijpte zavel of klei PLASEERDGRONDEN	-----	-----
	kleiarne moerige bovengrond	aWz
	-----	-----
	kleiig moerige bovengrond	hWz
gerijpte zavel of klei BROEKEERDGRONDEN	-----	-----
	veenkoloniaal dek	iWz
	geen indeling (meestal moerig)	Wo
	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 bodenvorming 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 ophoping 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
amorfe humus .H. HUMUSPODZOLGRONDEN	zonder ijzerhuidjes	dun: 0-30 cm Hn..	geen indeling
		VELDPODZOLGRONDEN	
	met ijzerhuidjes	matig dik: 30-50 cm cHn..	geen indeling
		LAARPODZOLGRONDEN	
		dun: 0-30 cm Hd..	geen indeling
		HAARPODZOLGRONDEN	
		matig dik: 30-50 cm cHd..	geen indeling
		KAMPPODZOLGRONDEN	

¹ 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
		geen roest en grijze vlekken in de E-horizont, maar wel in de B-horizont
		DAALBRIKGRONDEN
		met roest en grijze vlekken beginnend dieper dan de B-horizont
		RADEBRIKGRONDEN
		met roest en grijze vlekken beginnend dieper dan de B-horizont en met een briklaag beginnend aan of direct onder het oppervlak
		BERGBRIKGRONDEN
fluviaal OUDE- KLEIBRIKGRONDEN	BK..	met roest en grijze vlekken in de E- en B-horizont
		KUILBRIKGRONDEN
		geen roest en grijze vlekken in de E-horizont, maar wel in de B-horizont
		DAALBRIKGRONDEN
ZANDBRIK- GRONDEN	BZ..	met roest en grijze vlekken beginnend dieper dan de B-horizont
		RADEBRIKGRONDEN
		met roest en grijze vlekken in de E- en B-horizont
		BEEMDBRIKGRONDEN
		geen roest en grijze vlekken in de E-horizont, maar wel in de B-horizont en met of zonder duidelijke moderpodzol-B
		DELBRIKGRONDEN
		met roest en grijze vlekken beginnend dieper dan de B-horizont en met of zonder duidelijke moderpodzol-B
		ROOIBRIKGRONDEN

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 horizon 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 omspitten van de bollengrond (diepdelfen). 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.. ENKEERDGRON- DEN	laag (Gt III en lager) LAGE ENKEERDGRONDEN	zwart zEZg.. LAGE ZWARTE ENKEERDGRON- DEN	50-80 cm zEZg.. > 80 cm dzEZg..
		bruin bEZg.. LAGE BRUINE ENKEERDGRON- DEN	50-80 cm bEZg.. > 80 cm dbEZg..
	hoog (Gt IV en hoger) ENKEERDGRONDEN	zwart zEZ.. ZWARTE ENKEERDGRON- DEN	50-80 cm zEZ.. > 80 cm dzEZ..
		bruin bEZ.. BRUINE ENKEERDGRON- DEN	50-80 cm bEZ.. > 80 cm dbEZ..
kalkhoudend zand EZ.. ENKEERDGRON- DEN	geen indeling	geen indeling	50-80 cm EZ..A > 80 cm dEZ..A
leem EL.. TUINEERDGRON- DEN	geen indeling	geen indeling	50-80 cm EL.. > 80 cm dEL..
zavel en klei EK.. TUINEERDGRON- DEN	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 strandvlagtegronden (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 doorgegaan 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..	
	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	<15 cm Zg..	
	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 ¹	Organische-stof-gehalte van het gehele stuifzandpakket ²	Aard van de ondergrond ³	Beginndiepte 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..
		c cZ..		cZ..

¹ 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.

² a: uiterst en zeer humusarm; b: zeer en matig humusarm; c: matig humusarm en matig humeus

³ 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 dikke 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 (beekeerdgronden, 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 beekeerdachtige 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	zonder ijzerhuidjes; roest beginnend binnen 35 cm en doorgaand tot 120 cm of tot de Cr-horizont 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 GOOREERDGRONDEN	15-30 cm tZn.. 30-50 cm cZn..
zonder minerale eerdlaag 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	< 15 cm Zg..
	zonder ijzerhuidjes VLAKVAAGGRONDEN	geen indeling
	met ijzerhuidjes; zonder bruine laag in de positie van een B-horizont DUINVAAGGRONDEN	geen indeling
	met ijzerhuidjes; met bruine laag in de positie van een B-horizont 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 zavels 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 vlekkelijke 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.. LEEKEERDGRONDEN	15-30 cm tMn.. 30-50 cm cMn..	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 zeeklei. 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 zeeklei. In het overgangsgebied naar de zeeklei wordt dit verschil als criterium voor het onderscheid tussen rivierklei en ‘zoete zeeklei’ 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 .R.. EERDGRONDEN	moerig materiaal beginnend tussen 40-80 cm .Rv.. LIEDEERDGRONDEN	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 R.. VAAGGRONDEN	moerig materiaal beginnend tussen 40-80 cm Rv.. DRECHTVAAGGRONDEN	geen indeling
	niet-gerijpte minerale ondergrond Ro.. NESVAAGGRONDEN	geen indeling
	roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm Rn.. POLDERVAAGGRONDEN	geen indeling
	geen roest en grijze vlekken binnen 50 cm Rd.. OOIVAAGGRONDEN	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 kleiinspoeling, 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 bewerkingsmarge, 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 .KR.. EERDGRONDEN	met roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm .KRn..	15-30 cm tKRn.. LEEKEERD-GRONDEN 30-50 cm cKRn.. WOUDEERD-GRONDEN
zonder minerale eerdlaag KR.. VAAGGRONDEN	met roest en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm KRn.. POLDERVAAGGRONDEN geen roest en grijze vlekken binnen 50 cm KRd.. 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 KX KEILEEMGRONDEN	geen indeling KX
met of zonder minerale eerdlaag; tertiaire klei KT TERTIAIRE KLEIGRONDEN	geen indeling KT

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 eerdlaag 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.	in situ Ld.	
	OOIVAAGGRONDEN	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 mengeldekk
met of zonder minerale eerdlaag .M. MENGELGRONDEN	geen indeling	dun: 20-30 cm M. matig dik: 30-50 cm cM. dik: ≥ 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		ondiepe kalksteen- verwerings- klei	kleef- aarde	vuur- steen- eluvium
mariene afzettingen ouder dan Pleistoceen	M.	MZz	MZk	MK	MA			
fluviatiele afzettingen ouder dan Laat- Pleistoceen	F.			FK	FG ¹			
Kalksteen	K.					KM	KK	KS

¹ 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 bodem-geografisch 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 hoofdwaterring 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 hoofdwaterring).

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 ≥ 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).

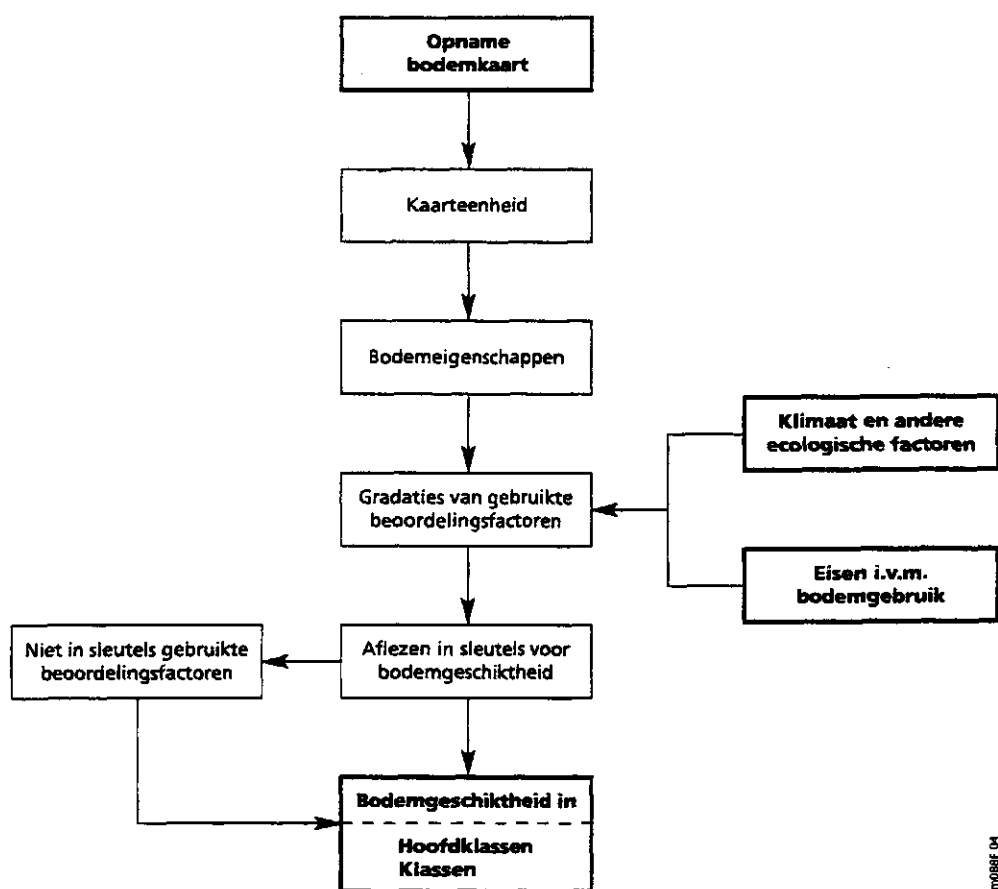


Fig. 2 Schema van de interpretatieprocedure

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 ¹	fruit- bouw	boom- teelt	akker- kwe- bouw	asperge- bouw	bloem- teelt ³
bollen-						kerij	(v.g.t.) ²		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
¹ tuinbouw onder glas en in de volle grond
² akkerbouwmatige vollegrondsgroenteteelt, inclusief wortelgewassen in zeekleigronden
³ 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, VIIId	≥ 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 cm² 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 gevoeligheid¹ 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

¹ 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 Verkruielbaarheid

Begripsomschrijving

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

Gradaties in verkruielbaarheid 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 verkruiembaarheid 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		
2	tamelijk gemakkelijk	betrekkelijk breed			≥ 0,5
			zware zavel	≥ 2	< 0,5
				< 2	-
			lichte klei		
			siltige leem	-	-
					≥ 0,5
3	moeilijk	nauw	zware klei	≥ 5	< 0,5
				< 5	-

3.2.5 Slempgevoeligheid

Begripsomschrijving

- De slempgevoeligheid duidt aan in hoeverre bodemaggregaten bestand zijn tegen:
- uiteenuiteenvallen 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 zuurstof-voorziening van de plantewortels in gevaar kan komen. Ook neemt de infiltratie-capaciteit 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 verslempd, 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	-	-
2	matig			≥ 0,5
		zware zavel	-	
				< 0,5
		siltige leem	-	-
			≥ 3	-
3	groot			≥ 0,5
		lichte zavel	< 3	
				< 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 katteklei) en kalkarme zeeklei- en rivierkleigronden en een deel van de beekeerdgronden, 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 geoogst 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 zeeleigebieden (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 kaarteenheden 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 m². 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 kaarteenheden 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 ¹ ; hoog opbrengstniveau ³ ; weinig teeltrisico; goed berijdbaar en bewerkbaar
1.2	Kleivruchtwisseling ¹ ; matig tot hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele beperkt berijdbaar en bewerkbaar
1.3	Zandvruchtwisseling ² ; hoog opbrengstniveau ³ ; weinig teeltrisico; goed berijdbaar en bewerkbaar
1.4	Zandvruchtwisseling ² ; 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
¹	kleivruchtwisseling; met op klei-, zavel- en leemgronden gebruikelijke gewassen zoals wintertarwe, zomergranen, aardappelen, suikerbieten, peulvruchten en handelsgewassen
²	zandvruchtwisseling; met op moerige gronden en veengronden en zandgronden gebruikelijke gewassen: zomergranen, aardappelen, suikerbieten en maïs
³	zie tabel 44

Tabel 44 Normen voor 'hoog' opbrengstniveau ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)(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 beweidingssystemen toe te passen (Overvest en Laeven-Kloosterman, 1984). De bodemvruchtbaarheid heeft het voor de bodemkundige situatie gewenste niveau. Het bedrijf wordt goed geleid. Iedere kaarteenheden 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 (m ³ .ha ⁻¹ .j ⁻¹)		
	goede groei	normale groei	slechte groei
Populier (Robusta)	≥ 17,0	12,5- 17,0	< 12,5
Zomereik	≥ 6,5	3,5- 6,5	< 3,5
Beuk	≥ 6,8	3,4- 6,8	< 3,4
Grove den	≥ 6,6	4,2- 6,6	< 4,2
Douglasspar	≥ 13,5	8,8- 13,5	< 8,8
Japanse larix	≥ 11,9	7,2- 11,9	< 7,2
Fijnspar	≥ 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 ¹)
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

¹ 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 kaarteenheden 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 bodemmoeheid 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 bodemmoeheid kunnen veroorzaken;
- de rijpende vruchten ondervinden weinig schade door vogels.

Vaststelling van de bodemgeschiktheid

De bodemgeschiktheids wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:

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

Bodemgeschiktheidsclassificatie

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

Tabel 49 Bodemgeschiktheidsklassen voor fruitteelt

1	Gronden met ruime mogelijkheden
1.1	Weinig teeltrisico; geen noemenswaardige tekortkomingen.
1.2	Enig teeltrisico; kans op groeivertraging. Geen noemenswaardige tekortkomingen.
2	Gronden met beperkte mogelijkheden
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 verkruimelbaarheid en/of storing in de verticale waterbeweging.
3	Gronden met weinig mogelijkheden
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 en vochtleverantie en 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 en vochtleverantie en 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, doperwten, 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 bodemmoeheid 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;
- verkruijmelbaarheid;
- 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 verkruielbaarheid.

3.3.8 Aspergeteelt in dekzandgebieden

Randvoorwaarden

Randvoorwaarden bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling zijn:

- de gronden zijn vrij van schadelijke bodemorganismen en stoffen die bodemziekten en bodemmoeheid 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 teltrisico voor continue bloembollenteelt met uitzondering van narcissen; goed te beheersen gunstige grondwaterstanden (kalkrijk, humus- en kleiarm duinzand tot > 120 cm - mv.).
- 1.2 Weinig teltrisico 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 teltrisico voor bloembollenteelt; enige tekortkomingen t.a.v. de water- en/of luchthuishouding.
 - 1.3.1 Bovendien extra teltrisico voor narcissen.
 - 1.3.2 Bovendien extra teltrisico voor hyacinten.
 - 1.3.3 Bovendien extra gevoeligheid voor te grote dichtheid van de wortelzone.
- 1.4 Enig teltrisico door vochttekort en slechts periodieke mogelijkheden voor tulpenenteelt 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 teltrisico voor continue bloembollenteelt met zeer ruime vruchtwisseling (matige tekortkomingen door wateroverlast en/of vochttekort).
- 2.2 Matig teltrisico voor continue bloembollenteelt met ruime vruchtwisseling (matige tekortkomingen door wateroverlast en/of vochttekort).
- 2.3 Matig teltrisico voor bloembollenteelt (matige tekortkomingen door wateroverlast en/of vochttekort, of de profielopbouw).
- 2.4 Matig teltrisico voor periodieke tulpenenteelt 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 kaarteenheden 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, verkruimelbaarheid, 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 (aanhangel 3 en 4 van de 'Gebruikersdocumentatie BOPAK', Stolp et al. 1995). Daarbij wordt geclassificeerd volgens voorgedefinieerde 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 = anthropos).

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 volumeprocenten 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_3 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 neerwaarts 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

grondwaterverschijnselen: zie: hydromorfe verschijnselen

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_3 , analytisch bepaald, d.w.z. de geanalyseerde hoeveelheid CO_2 , omgerekend

- in procenten CaCO_3 op de grond.
- 2 kalkarm materiaal: hoorbare opbruising: overeenkomend met circa 0,5-1 à 2% CaCO_3 .
 - 3 kalkrijk materiaal: zichtbare opbruising: overeenkomend met circa 1-2% 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
0,75- 1,5	zeer humusarm zand		materiaal
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
22,5 - 35	zandig veen		materiaal
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

rodoornig: met ijzer verrijkte lagen (rood- of okerbruin van kleur) aan of nabij het oppervlak (Fe_2O_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 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 μm

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 korrelgrootte-samenstelling 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 ¹ 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			
17,5 - 25	zware zavel			
25 - 35	lichte klei	klei		
35 - 50	matig zware klei	zware klei		
50 - 100	zeer zware klei			

¹ zowel zand als zwaarder materiaal

Tabel 59 Indeling eolische afzettingen ¹ naar het leemgehalte

Leem(%)	Naam	Samenvattende namen	
0 - 10	leemarm zand	zand ²	
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		

¹ zowel zand als zwaarder materiaal

² 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 μm (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*. Bedrijfssynthese 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'. *H₂O* 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'. *H₂O* 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^e 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. (1)	cr-nr (2)	naam (3)	opp. (4)	schaal (5)	start (6)	oplev. (7)	rap.nr. (8)	top (9)	WIB (10)	afg.geg. (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	Lossen-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	Ooyppolder	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-Schoorl	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	Weerijs	4951	15000	1984	1986	1737	-	WE, TV	-

Vervolg

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)
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