

TECHNISCH RAPPORT
GEOTECHNISCHE CLASSIFICATIE
VAN VEEN

Technische
Adviscommissie voor de
Waterkeringen

**TECHNISCH RAPPORT
GEOTECHNISCHE CLASSIFICATIE
VAN VEEN**

Delft, juni 1996

Ten geleide

In het voorliggende technische rapport is een classificatiesysteem voor veen gegeven. Dit classificatiesysteem is afgestemd op de geotechnische eigenschappen van veen, die van belang zijn voor de aanleg en toetsing van onze waterkeringen. Met name een belangrijk deel van onze boezemkaden zijn aangelegd op een veenondergrond. Op basis van de in dit technisch rapport gegeven classificatie, kan een eerste afschatting worden gemaakt van sterkte en samendrukbaarheid. Daarnaast kan op basis van deze classificatie een veemonster worden toegevoegd aan een proefverzameling. Dit technisch rapport geeft tevens de beschrijving van de methoden voor het bepalen van de classificatieparameters en de geotechnische eigenschappen met betrekking tot samendrukbaarheid en sterkte.

Voor vele geotechnici zijn de beschreven methoden nieuw. Dit technische rapport moet dan ook worden gezien als een voorlopige aanbeveling, waarmee binnen de geotechnische advieswereld ervaring kan worden opgedaan. In overleg met de geotechnische advieswereld zal een definitieve richtlijn worden opgesteld. Deze definitieve richtlijn zal tevens worden gebruikt als ondersteuning van de ontwikkeling van een Nederlandse of Europese norm voor de classificatie van veen.

INHOUD

Samenvatting	1
--------------------	---

Hoofdstuk 1

Inleiding	3
1.1 Aanleiding tot het technisch rapport	3
1.2 Doel van het technisch rapport	3
1.3 Opzet van het technisch rapport	4

Hoofdstuk 2

Geologische en geotechnische karakterisering	5
2.1 Ontstaan en voorkomen in Nederland	5
2.1.1 Ontstaan van veen	5
2.1.2 Verwerking van veen	7
2.1.3 Veengebieden in Nederland	8
2.1.4 Basisveen	9
2.1.5 Hollandveen	10
2.2 Grondmechanisch gedrag van veen	11
2.2.1 Algemeen	11
2.2.2 Samendrukbaarheid	12
2.2.3 Sterkte	12
2.2.4 Het effect van vezels op de schuifweerstand	13

Hoofdstuk 3

Classificatie	17
3.1 Doel van de classificatie	17
3.2 Classificatieparameters	18
3.3 Classificatiesysteem	21
3.4 Selectie van monsters	22
3.4.1 Inleiding	22
3.4.2 Aanbevolen methode	22
3.5 Beschrijving van de classificatieproeven	23
3.5.1 Hoofdbenaming	23
3.5.1.1 Inleiding	23
3.5.1.2 Aanbevolen methode	23
3.5.2 Botanische samenstelling	28
3.5.2.1 Inleiding	28
3.5.2.2 Aanbevolen methode	28
3.5.3 Verweringsgraad	29
3.5.3.1 Inleiding	29
3.5.3.2 Aanbevolen methode (veld)	30
3.5.3.3 Aanbevolen methode (laboratorium)	30
3.5.3.4 Ontraden methode	31
3.5.4 Watergehalte	31

3.5.4.1	Inleiding	31
3.5.4.2	Aanbevolen methode (veld)	32
3.5.4.3	Aanbevolen methode (laboratorium)	32
3.5.4.4	Alternatieve methode (laboratorium)	33
3.5.4.5	Ontraden methode	33
3.5.5	Asgehalte	34
3.5.5.1	Inleiding	34
3.5.5.2	Aanbevolen methode (veld)	35
3.5.5.3	Aanbevolen methode (laboratorium)	35
3.5.6	Volume gewicht in natuurlijke toestand	36
3.5.6.1	Inleiding	36
3.5.6.2	Aanbevolen methode	37
3.5.6.3	Alternatieve methode	38
3.5.6.4	Ontraden methode	38
3.5.7	Soortelijke massa	38
3.5.7.1	Inleiding	38
3.5.7.2	Aanbevolen methode	39
3.5.7.3	Alternatieve methode	40
3.5.7.4	Ontraden methode	40
3.5.8	Vezelgehalte en gehalte aan fijne en grove vezels	40
3.5.8.1	Inleiding	40
3.5.8.2	Aanbevolen methode	41
3.5.8.3	Alternatieve methode	43
3.5.9	Gehalte aan hout	44
3.5.9.1	Inleiding	44
3.5.9.2	Aanbevolen methode	44
3.5.10	Krimp	45
3.5.10.1	Inleiding	45
3.5.10.2	Aanbevolen methode	45
3.5.10.3	Alternatieve methode	45
3.5.10.4	Ontraden methode	46
3.5.11	Overige volumetrische parameters	46
3.5.11.1	Aanbevolen methode	46
3.5.11.2	Ontraden methode	47
3.5.12	Atterbergse grenzen	48
3.5.12.1	Bestaande methoden	48
3.5.12.2	Aanbevolen methode	48
3.5.12.3	Ontraden methoden	48
3.5.13	Codering van de classificatieparameters voor verkorte beschrijving	48
3.5.13.1	Inleiding	48
3.5.13.2	Aanbevolen methode	49

Hoofdstuk 4

Bepaling van de geotechnische eigenschappen van veen	51
4.1 Samendrukkingseigenschappen	51
4.1.1 Te gebruiken proefmethoden	51
4.1.2 Beschrijving proefprocedure	51
4.2 Sterkte-eigenschappen	52
4.2.1 Te gebruiken proefmethoden	52
4.2.2 CU-triaxiaalproef	52
4.2.3 CD-triaxiaalproef	53

4.2.4	Constant volume simple shearproef	53
-------	-----------------------------------	----

Hoofdstuk 5

Classificatie en geotechnische eigenschappen	57
5.1 Algemeen	57
5.2 Methode Fokkens	57
5.3 Correlatie tussen classificatieparameters en samendrukkingseigenschappen	59
5.4 Correlatie tussen classificatieparameters en sterkte-eigenschappen	60
Literatuur	65
A Aanbevolen inhoud van een classificatie	75
A.1 Inleiding	75
A.2 Boorbeschrijving	75
A.3 Keuze van sterkteproef	75
A.4 Vaststellen van samendrukkingseigenschappen uit correlaties met classificatieparameters	77
A.5 Vaststellen van sterkte-eigenschappen uit correlaties met classificatieparameters	77
B Verweringsgraad volgens von Post	79
C Beschrijving van de bepaling van de soortelijke massa	81
C.1 Selectie van het monster	81
C.2 Voorbereiding van de pycnometer	81
C.3 Voorbereiding van het monster	82
C.4 Uitvoering van de proef	82
C.5 Berekening van de soortelijke massa	83
D Beschrijving van de bepaling van de vezelgrootte verdeling	85
D.1 Selectie van het monster	85
D.2 Het maken van de pyrofosfaatoplossing	85
D.3 Voorbereiding van het monster	85
D.4 Uitvoering van de zeving	87
D.5 Berekening van de vezelgrootte verdeling	89
E Bepaling van het gehalte aan fijne en grove vezels aan de hand van vergelijkingskaarten	91
E.1 Gehalte aan fijne vezels	91
E.2 Gehalte aan grove vezels	92
F Bepaling van de horizontale en verticale krimp	93
F.1 Selectie van het monster	93
F.2 Uitvoering van de meting (droging bij kamertemperatuur)	93
F.3 Uitvoering van de meting (droging in een oven)	93
F.4 Presentatie van de resultaten	94
G Codering van de resultaten van de classificatieproeven	95
G.1 Codering	95
G.1.1 Hoofdbenaming	95
G.1.2 Botanische samenstelling: genera	95
G.1.3 Verweringsgraad volgens von Post	96
G.1.4 Watergehalte	97

G.1.5	Gehalte aan fijne vezels	98
G.1.6	Gehalte aan grove vezels	99
G.1.7	Gehalte aan hout	99
G.1.8	Asgehalte	100
G.2	Voorbeelden	101
G.2.1	Voorbeeld 1	101
G.2.2	Voorbeeld 2	102

TABELLEN

Tabel 2.1	Fasering in veenvorming	7
Tabel 2.2	Aanbevolen sterkteproeven	16
Tabel 3.1	Aanbevolen inhoud van een classificatie	19
Tabel 3.2	Overzicht van normen en relevante literatuur	20
Tabel 3.3	Verklaring van overige termen ter omschrijving van organische gronden	27
Tabel 3.4	Botanische soorten in Nederlands veen	29
Tabel 3.5	Watergehaltebepaling (veld)	32
Tabel 3.6	Gehalte aan fijne vezels	42
Tabel 3.7	Gehalte aan grove vezels	42
Tabel 3.8	Gehalte aan hout	44
Tabel 5.1	Representatieve waarden voor de gedraineerde sterkteparameters van veen	61
Tabel B.1	Gemodificeerde verweringsgraad volgens von Post	79
Tabel B.2	Verweringsgraad volgens von Post	80
Tabel G.1	Codering: hoofdbenaming	95
Tabel G.2	Codering: botanische samenstelling	96
Tabel G.3	Codering: Verweringsgraad volgens von Post	97
Tabel G.4	Codering: watergehalte	97
Tabel G.5	Codering: gehalte aan fijne vezels	98
Tabel G.6	Codering: gehalte aan grove vezels	99
Tabel G.7	Codering: gehalte aan hout of takjes	99
Tabel G.8	Codering: asgehalte	100
Tabel G.9	Codering: toevoeging bij asgehalte	100
Tabel G.10	Voorbeeld 1	101
Tabel G.11	Voorbeeld 2	102

FIGUREN

Figuur 2.1	Veengebieden in Nederland tot mv - 1,2 m (bron: bodemkaart van Nederland)	9
Figuur 2.2	Horizontale doorsnede door rietveen uit de polder Zegveld bij Woerden. De doorsnede van het monster is 66 mm [den Haan, 1989b]	11
Figuur 2.3	Zônering van een bezwijkvlak	13
Figuur 2.4	Triaxiale compressie versus simple shear	14
Figuur 2.5	Spanningspaden in de CU-triaxiale compressieproef op normaal geconsolideerd veen	15
Figuur 3.1	Indeling van organische gronden in de organische stof-lutum-silt+zanddriehoek volgens [NNI 1989a]	24
Figuur 3.2	Indeling van gronden in de lutum-silt-zanddriehoek volgens [NNI 1989a]	25
Figuur 3.3	Indeling van gronden in de lutum+silt-zand-grinddriehoek volgens [NNI 1989a]	26
Figuur 4.1	c' en ϕ' uit 2 waarnemingen	54
Figuur 4.2	c' en ϕ' uit 3 waarnemingen	55
Figuur 5.1	Verband tussen de samendrukkingsconstante C' en het volumegewicht van verzadigde grond γ_{sat}	60
Figuur D.1	Schets van de proefopstelling ter bepaling van de vezellengteverdeling	86
Figuur D.2	Schets van de bovenaanzicht van de sproeikop	86

Samenvatting

In Nederland komt veelvuldig veen voor; dit kan tot problemen leiden indien in of op dit veen een fundering of een (grond)constructie gerealiseerd moet worden.

Om tot een eenduidige aanpak te komen voor het vaststellen van grondeigenschappen is dit rapport opgesteld.

In dit technisch rapport wordt een eenduidige methode gegeven met betrekking tot de classificatie van veen en het bepalen van de classificatieparameters en geotechnische eigenschappen in relatie tot samendrukbaarheid en sterkte. Van alle genoemde methoden is een procedurebeschrijving opgenomen.

Aan de hand van een uitgevoerde correlatiestudie worden voor veen representatieve waarden gegeven voor sterkteparameters. In [CUR 1992] en [den Haan 1992a+b] zijn correlaties gegeven tussen classificatieparameters en samendrukkingsparameters.

HOOFDSTUK 1

Inleiding

1.1 Aanleiding tot het technisch rapport

In het kader van het meerjarig veenonderzoek, dat door Grondmechanica Delft wordt uitgevoerd in opdracht van de werkgroep B van de Technische Adviescommissie Waterkeringen (TAW-B), is nadere studie verricht naar de classificatie van veen en organische gronden. Over deze studie is gerapporteerd in "Classificatie van veen en organische gronden" [Venmans 1989]¹⁾ en "Geotechnische classificatie van veen en organische gronden" [Venmans 1990]. In voornoemde literatuur worden de volgende vragen beantwoord:

- welke parameters dienen te worden bepaald voor een volledige geotechnische classificatie?
- met welke nauwkeurigheid dienen deze parameters te worden bepaald?
- welke methoden komen in aanmerking voor bepaling van deze parameters?

Vanuit het onderzoek naar het mechanisch gedrag van veen, dat in TAW-verband wordt uitgevoerd, zullen op termijn betere berekeningsmethoden beschikbaar komen, die specifiek zijn ontwikkeld voor veen. Om optimaal gebruik te maken van deze methoden is het nodig de "kwaliteit" van veen te kwantificeren door middel van classificatie. Ook zonder het gebruik van specifieke berekeningsmethoden is echter winst te behalen met elementaire classificatie. Door bestudering van het materiaal, bemonsterd in een voorverkenning met handboringen, is het mogelijk de problemen te identificeren, meer doelgericht de lokaties van de uitgebreide terreinverkenning en bemonstering te kiezen en een programma voor laboratoriumonderzoek te plannen.

Zowel bestaande methoden, beschreven in de nationale en internationale normbladen, als nieuw ontwikkelde of aangepaste methoden zijn bestudeerd. Dit heeft geresulteerd in aanbevolen methoden, ontraden methoden en methoden waarvan de nauwkeurigheid nog moet worden vastgesteld in verder onderzoek.

1.2 Doel van het technisch rapport

Het doel van dit technisch rapport is om te komen tot een eenduidige methode met betrekking tot de classificatie van veen en het bepalen van de classificatieparameters en geotechnische eigenschappen met betrekking tot samendrukbaarheid en sterkte. Van alle genoemde methoden is

¹⁾ een lijst met referenties is achterin dit rapport opgenomen

een procedurebeschrijving opgenomen.

Een eenduidige classificatie moet leiden tot een eenduidige benaming van veen. Op basis van een eenduidig classificatiesysteem kan mogelijk een globale relatie worden opgesteld tussen klassen van veen, onderscheiden op basis van classificatieparameters en geotechnische eigenschappen.

Dit technisch rapport is bedoeld als voorlopige richtlijn waarmee binnen de geotechnische advieswereld ervaring kan worden opgedaan. In overleg met de geotechnische advieswereld zal een definitieve richtlijn worden opgesteld. De definitieve richtlijn is tevens bedoeld als aanzet tot de ontwikkeling van specifieke Nederlandse of Europese normen voor de classificatie van veen.

1.3 Opzet van het technisch rapport

Het is mogelijk dit rapport uitsluitend als naslagwerk te gebruiken voor de meting van bepaalde eigenschappen van organische gronden. Omdat de meting van enkele, individuele eigenschappen van organische gronden echter van beperkt nut is, wordt de lezer met nadruk verzocht hoofdstuk 2 niet over te slaan. In dat hoofdstuk wordt in beknopte vorm uiteengezet, welke factoren het grondmechanisch gedrag van organische gronden bepalen, en door welke classificatieparameters deze factoren kunnen worden beschreven. Tevens worden aanbevelingen gedaan voor de inhoud van een zinvolle veenclassificatie, die in verhouding staat tot het doel. De aanbevolen procedures voor de meting van de classificatieparameters, worden eveneens beschreven in hoofdstuk 3. Indien van toepassing, worden tevens aanbevelingen gedaan voor alternatieve, meer nauwkeurige methoden, die voor sommige doeleinden gewenst zouden kunnen zijn. Ook worden bepaalde in de literatuur genoemde methoden ontraden, wanneer daar aanleiding toe bestaat.

In hoofdstuk 4 worden aanbevelingen gedaan met betrekking tot de toe te passen proefmethoden voor het vaststellen van de geotechnische parameters met betrekking tot samendrukbaarheid en sterkte. De aanbevolen proefprocedures worden eveneens in dat hoofdstuk beschreven.

Ten slotte wordt in hoofdstuk 5 een verband gelegd tussen classificatieparameters onderling en tussen classificatieparameters en geotechnische parameters.

HOOFDSTUK 2

Geologische en geotechnische karakterisering

2.1 Ontstaan en voorkomen in Nederland

2.1.1 Ontstaan van veen

Veen is een grondsoort met hoofdzakelijk organische bestanddelen, voornamelijk opgebouwd uit (gedeeltelijk) vergane vegetatie. Indien de vegetatie zich verzamelt op de bodem van stagnerend water in anaërobe omstandigheden zal de vegetatie niet volledig vergaan; als gevolg van diverse chemische en biochemische processen wordt in eerste instantie humus gevormd en later veen. Waar de omstandigheden dit toelaten kan een veengebied (veenmoeras) ontstaan en kan proces van veenvorming optreden, ongeacht de lengte- of breedtegraad. Veenvorming komt echter voornamelijk voor in streken met een relatief koel en vochtig klimaat.

Het proces van veenvorming wordt voor een groot deel bepaald door het klimaat en de topografie. Gedurende het jaar dient er een wateroverschot te zijn en de vorm en samenstelling van het landoppervlak dient zodanig te zijn dat voldoende water wordt vastgehouden om plantengroei mogelijk te maken en om de afgestorven vegetatieresten te conserveren. Ondergelopen laagtes in het landschap, oevers van meren en van rivieren met een lage stroomsnelheid zijn geschikt voor de fase in het proces van veenvorming.

Zelfs onder ogenschijnlijk stabiele klimatologische omstandigheden zijn veengebieden niet in rust; de vegetatie is aan veranderingen onderhevig, welke leiden tot voortdurende veranderingen van de veengebieden. De ontwikkeling van moeras tot veen is een langdurig proces en neemt tot ettelijke duizenden jaren in beslag. In de veenvorming kunnen 3 fasen onderscheiden worden, waarbij iedere fase gekenmerkt wordt door een eigen vegetatie, die leidt tot een karakteristiek soort veen met eigen geotechnische eigenschappen. Deze fasen worden gekenmerkt door de hydrologie en voedselrijkheid van het veengebied en worden hierna beschreven.

fase 1: Rheotrofe en eutrofe fase

De veenvorming in deze fase vindt plaats langs de oevers van vennen, meren en rivieren met langzaam stromend water als gevolg van verwerking van riet, zegge en in mindere mate van waterplanten. De veenvorming wordt beïnvloed door het waterniveau, de aanvoer van voedingsstoffen door het water en door de toevoer van water door rivieren, neerslag, neerslagafvoer uit de omgeving en grondwater. Deze ruime toevoer van water kenmerkt de rheotrofe fase.

Over het algemeen is het water rijk aan voedingsstoffen en wordt verder verrijkt door voedingsstoffen die meegevoerd worden door neerslagafvoer en grondwater uit de

omgeving; deze voedingsrijke omstandigheden worden als eutroof betiteld.

Aan het eind van deze fase is een moerasachtig landschap ontstaan, dat over het algemeen aangeduid wordt als laagveen. Deze veengebieden worden vaak gevormd bovenop zeer slappe organische klei, die vaak resten van riet bevat.

De soortelijke massa van veen dat gevormd is in de rheotrofe en eutrofe fase ligt tussen circa 2,5 en 1,6, afhankelijk van het gehalte aan organisch materiaal dat kan variëren tussen respectievelijk minder dan 10% en 80%. Het gehalte aan organisch materiaal neemt toe met de hoogte van de veenafzetting bovenop de ondergelegen laag. Het watergehalte van veen dat gevormd is in de rheotrofe fase is kleiner dan 200%; veen dat gevormd is in de eutrofe fase heeft een watergehalte dat kan variëren tussen 200% en 500%.

fase 2: Overgangsfase

Doordat het veengebied zich in opwaartse richting uitbreidt bevindt het veengebied zich in deze fase tussen de rheotrofe/eutrofe en de ombrotrofe/oligotrofe fase. De vegetatie in het veengebied raakt meer afhankelijk van watertoevoer door neerslag en minder van toevoer van grondwater, doordat het waterniveau aan schommelingen onderhevig is. De vegetatie bestaat voornamelijk uit bos (els, berk, eik).

De soortelijke massa van veen dat gevormd is in deze fase ligt tussen circa 1,6 en 1,4. Het gehalte aan organisch materiaal varieert tussen respectievelijk 80% en 98% en het watergehalte varieert tussen 500% en 1.000%.

fase 3: Ombrotrofe en oligotrofe fase

In de ombrotrofe fase is het veengebied zover naar boven uitgebreid dat de vegetatie boven het grondwater is gelegen en voor de waterbehoefte volledig is aangewezen op de neerslag. De afgestorven plantenresten (veenafzetting) houden het water vast voor de begroeiing. In het water zijn slechts kleine hoeveelheden voedingsstoffen aanwezig, aangezien neerslag slecht kleine hoeveelheden zouten (voornamelijk natrium- en magnesiumzouten), chloride, sulfaten en opgeloste gassen (zoals kooldioxide) bevat. De vegetatie in deze fase bestaat voornamelijk uit heide en mossen.

Het veen dat is ontstaan in deze fase vormt een zuur milieu en wordt als hoogveen betiteld.

Ombrotrofe veengebieden worden niet overal gevormd bovenop een overgangsveen, maar kunnen, onder de juiste klimatologische en topografische omstandigheden, direct gevormd worden bovenop hoogliggende grond. De op deze wijze gevormde veengebieden kunnen zeer uitgestrekt zijn.

De soortelijke massa van veen dat gevormd is in deze fase is ongeveer 1,4; het gehalte aan organisch materiaal is groter dan 98% en het watergehalte kan variëren tussen 1.000% en 2.000%.

De hiervoor beschreven te onderscheiden fasen in de veenvorming en enkele eigenschappen van de in de verschillende fasen gevormde venen zijn samengevat in tabel 2.1.

fase		soortelijke massa	gehalte organisch materiaal	watergehalte
water	voeding	-	%	%
rheotroof (begin)	eutroof	2,5 - 1,6	< 80	< 200
rheotroof (later)				200 - 500
overgang	mesotroof	1,6 - 1,4	80 - 98	500 - 1000
ombrotroof	oligotroof	≈ 1,4	> 98	1.000 - 2.000

Tabel 2.1 Fasering in veenvorming

De hiervoor geschetste ontwikkeling van een veengebied betreft een ideale situatie. Afhankelijk van veranderingen in klimatologische omstandigheden en de waterhuishouding is het mogelijk dat één of meer van de hiervoor beschreven fasen in de veenvorming wordt overgeslagen of dat een fase in een later stadium nogmaals voorkomt.

2.1.2 Verwerking van veen

Onder het verweringsproces van veen wordt de transformatie van groene plant tot veen verstaan. De processen die bij het verweringsproces een rol spelen zijn:

1. het verlies van organisch materiaal in gas, in oplossing en door consumptie door kleine ongewervelde organismen
2. het uit elkaar vallen van de structuur van het organisch materiaal
3. chemische reacties, inclusief die welke geïnitieerd worden door micro-organismen.

Microflora, bacteriën en schimmels in de bodem voorzien in hun behoefte aan energie en voedingsstoffen door het verteren van organisch materiaal. Aardwormen breken het celmateriaal van plantenresten af in een niet-zuur milieu, waarna het geschikt is voor verdere vertering door bacteriën en schimmels. Doordat deze organismen zuurstof nodig hebben, zijn deze processen

aëroob van aard. Aërobe vertering is een ademhalingsproces tegenovergesteld aan fotosynthese. Het eindprodukt van de vertering zijn kooldioxide (CO_2) en water (H_2O). Indien het materiaal verzadigd raakt, vermindert de beschikbare hoeveelheid zuurstof drastisch in vergelijking met de situatie in de onverzadigde zone. Hierdoor neemt de activiteit van aërobe organismen af en neemt de activiteit van anaërobe soorten met een langzamere stofwisseling toe. Doordat het organisch materiaal niet meer zo snel verteerd wordt, treedt accumulatie op en kan veen ontstaan.

De stofwisseling wordt, naast de beschikbaarheid van zuurstof, tevens bepaald door de temperatuur, de zuurgraad en de beschikbaarheid van stikstof. In het algemeen geldt, dat hoe hoger de temperatuur en de pH (hoe lager de zuurgraad) zijn, des te sneller de vertering van het plantemateriaal zich voltrekt en des te minder materiaal er dus beschikbaar is voor het proces van veenvorming. De optimale temperatuur voor de ontbinding van organisch materiaal ligt tussen de 30 en 40°C [Hobbs 1986].

De mate en snelheid waarin het verweringsproces zich voltrekt is niet uniform verdeeld in een veenpakket, doordat verschillende delen van een plant meer of minder bestand zijn tegen ontbinding. De weerstand tegen ontbinding is tevens afhankelijk van het soort plant.

In nauwelijks verweerde staat is er nagenoeg geen amorf materiaal in het veen aanwezig en bestaat het veen voornamelijk uit licht gekleurde vezels van bladeren, stengels en wortels. In volledig verweerde staat zijn nagenoeg geen vezels meer te herkennen in het veen en is het materiaal donker gekleurd en spons- en gelei-achtig. De fysische en mechanische eigenschappen van veen hangen nauw samen met de (gemiddelde) mate van vertering.

2.1.3 Veengebieden in Nederland

In figuur 2.1 zijn de belangrijkste veengebieden in Nederland weergegeven.

Veen komt als dikke lagen aan de oppervlakte voor, alsook in pakketten afgewisseld met klei en zand. Daarnaast wordt aan de basis van de Holocene afzettingen een dunne laag 'basisveen' of 'veen op grote diepte' aangetroffen.



Figuur 2.1 Veengebieden in Nederland tot mv - 1,2 m (bron: bodemkaart van Nederland)

2.1.4 Basisveen

Er wordt aangenomen dat dit veen meegroeide met de waterspiegelrijzing vanaf het begin van het Holoceen, circa 10.000 jaar geleden. Aanvankelijk was er sprake van moerassen met open, zoet tot brak water waarin het veen zich ontwikkelde als beschreven in paragraaf 2.1.1.

Na de vorming van het Basisveen is klei en/of zand afgezet bovenop het gevormde veen, waardoor het veen is gecomprimeerd tot maximaal circa 1/10 van de oorspronkelijke dikte van de laag.

Basisveen komt voor in het westen van Nederland, bovenop het Pleistocene zand, aan de basis van het Holoceen. De laagdikte is vaak niet groter dan circa 10 à 60 cm.

2.1.5 Hollandveen

Vanaf omstreeks 1800 vóór Christus begon zich opnieuw veen te vormen. Na de rheotrofe fase (paragraaf 2.1.1) was de verdere ontwikkeling van het veen afhankelijk van de waterhuishouding. De fasering zoals beschreven in paragraaf 2.1.1 is dan ook niet overal in deze volgorde terug te vinden.

Hollandveen komt voor in het westen (Zuid-Holland, Noord-Holland en Utrecht), bovenop de fluviatiele afzettingen van Gorkum of de mariene afzettingen van Calais en noorden (Friesland, Overijssel en de veenkoloniën) van Nederland.

In iedere fase wordt de veenvorming in West Nederland sterk beïnvloed door de aanwezigheid van enkele rivieren (Oude Rijn, Oude IJssel) die anorganisch materiaal uit het achterland meevoeren en afzetten. Deze rivieren maken deel uit van de Rijn/Maas-delta. De laaggelegen gebieden achter natuurlijk gevormde rivierwallen vormen een goede ondergrond voor bosbegroeiing. Doordat deze gebieden regelmatig onderlopen is er sprake van een eutrofe situatie, waardoor de bosveenafzetting een hoog asgehalte heeft.

Op enige afstand van de rivier wordt de toevoer van voedingsstoffen bepaald door de hoeveelheid neerslag. Bosveen van mesotrofe afkomst wordt aangetroffen langs de oevers van beken en rivieren die hun oorsprong hebben in het veengebied, zoals de Amstel en de Hollandrecht.

Rond 1200 na Christus was een groot gedeelte van West Nederland bedekt met lagen mosveen tot een dikte van 6 m. Tegenwoordig komt mosveen uitsluitend voor langs polderkaden, welke zijn overgebleven na de winning van veen voor brandstof. Mosveen was zeer geschikt als brandstof vanwege het lage asgehalte; op sommige plaatsen werd ook het zeggeveen afgegraven.

De dikte van de veenlaag is, behalve door afgraving, afgenomen als gevolg van bemaling, in eerste instantie door windmolens, waardoor verdichting en verwerking optrad.

Over het algemeen is de dikte van het resterende zeggeveen en bosveen circa 5 m.

Nadat door menselijk ingrijpen de waterhuishouding werd beheerst, is aan het proces van veenvorming op de meeste plaatsen een eind gekomen.

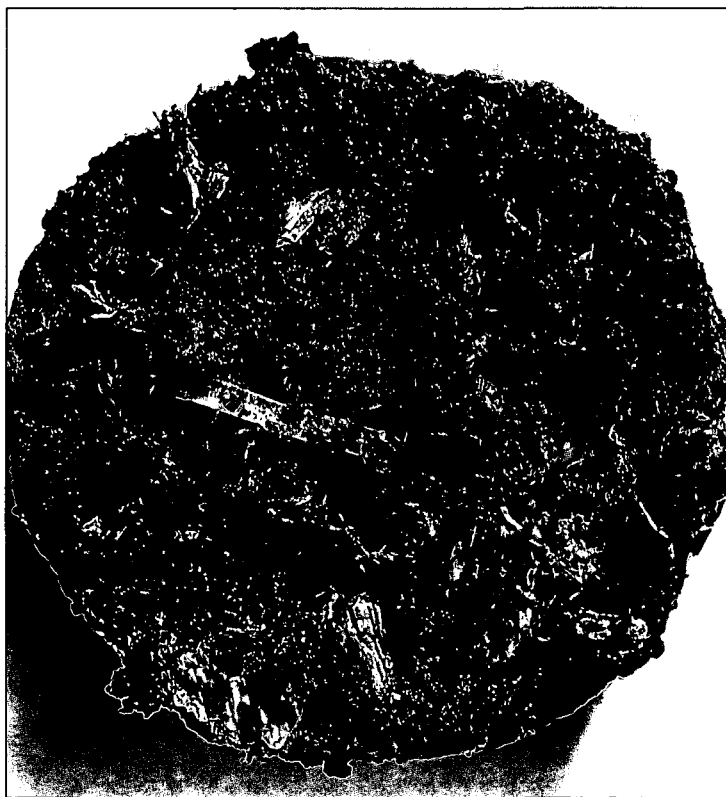
2.2 Grondmechanisch gedrag van veen

2.2.1 Algemeen

Het grondmechanisch gedrag van veen wordt grotendeels bepaald door drie factoren, waarin veen totaal verschillend is van klei:

- de structuur van de vezels is zeer open; er is weinig vaste stof aanwezig
- de vaste stof bestaat voor het overgrote deel uit organisch materiaal
- het organisch materiaal wordt voornamelijk aangetroffen in de vorm van vezelresten.

Het bovenstaande wordt geïllustreerd door figuur 2.2, waar een horizontale doorsnede door rietveen wordt getoond.



Figuur 2.2 Horizontale doorsnede door rietveen uit de polder Zegveld bij Woerden. De doorsnede van het monster is 66 mm [den Haan, 1989b]

De hiervoor genoemde kenmerken hebben grote gevolgen voor zowel de samendrukbaarheid als de sterkte van veen.

2.2.2 Samendrukbaarheid

De open structuur zal reeds bij geringe belastingen sterk vervormen; bij grotere belastingen kunnen extreme vervormingen optreden. Zoals beschreven door [den Haan 1989b en 1992b], kunnen deze vervormingen niet goed worden beschreven door de traditionele methoden van zettingsberekeningen, die wel geschikt zijn voor minder samendrukbare gronden als klei. Als alternatief bestaat reeds geruime tijd de methode Fokkens, die in TAW-verband nader is getoetst. In deze methode wordt de samendrukking van veen beschreven op basis van het watergehalte van het onbelaste materiaal en het gehalte aan anorganische bestanddelen. In de classificatie met betrekking tot de samendrukking van organische gronden zal dus de nadruk liggen op deze beide parameters en het volumegewicht in natuurlijke toestand. Recentelijk is door [den Haan 1992b] een elementaire methode beschreven om de samendrukking van veen te benaderen op basis van het groeiverlies.

2.2.3 Sterkte

De vezels in het veen spelen een grote rol met betrekking tot de sterkte. Wanneer veen door schuifkrachten wordt belast, wordt het door wrijving tussen de vezels onderling en tussen de vezels en het vulmateriaal mogelijk, dat de vezels krachten opnemen. Wanneer de belastingsrichting ten opzichte van de hoofdvezelrichting zo is, dat de vezels op trek worden belast, treedt er een wapeningseffect op [den Haan 1987a]. Via het wapeningsmechanisme kunnen aanzienlijke schuifkrachten worden opgenomen.

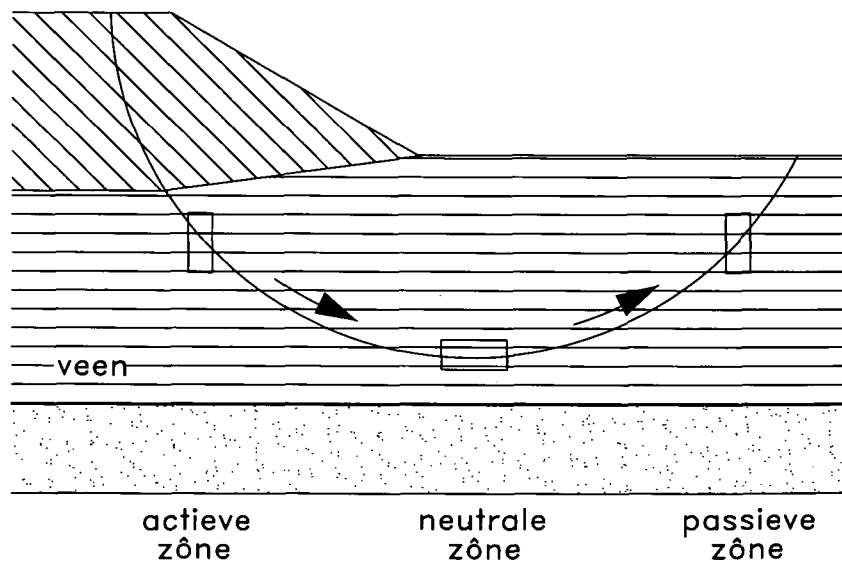
In het wapeningsmechanisme spelen dus zowel de interactie tussen vezels en vulmateriaal, de sterkte van de vezels en de ruimtelijke oriëntatie van de vezels een belangrijke rol. Voor de vezelsterkte is bovendien niet alleen de aard van de vezel van belang, maar ook de mate, waarin de vezel door verwerking is aangetast. Voor een classificatie, waarin bovengenoemde parameters worden weerspiegeld, dienen dus de volgende classificatieparameters te worden bepaald:

- Gehalte aan en aard van de anorganische bestanddelen
- Botanische samenstelling van de vezels
- Lengte van de vezels; aanwezigheid van grove vezels en hout
- Verweringsgraad van de vezels
- Ruimtelijke oriëntatie van de vezels; voorkeursrichting.

2.2.4 Het effect van vezels op de schuifweerstand

Vezels in veen kunnen bijdragen aan de schuifsterkte doordat deze in zekere mate als wapening fungeren. De mate van wapening is onder andere afhankelijk van de belastingsrichting ten opzichte van de voorkeursrichting van de vezels. Ten gevolge van het afzettingsproces en de daarop volgende compactie van het veen is de voorkeursrichting meestal nagenoeg horizontaal, al is het mogelijk dat een deel van de vezels een verticale oriëntatie heeft. In de modellering van de sterkte van veen wordt verondersteld dat zich tussen de vezels amorf vulmateriaal, organisch of anorganisch, bevindt.

In een potentieel bezwijkvlak zijn 3 zônes te onderscheiden: de actieve, neutrale en passieve zône (figuur 2.3).



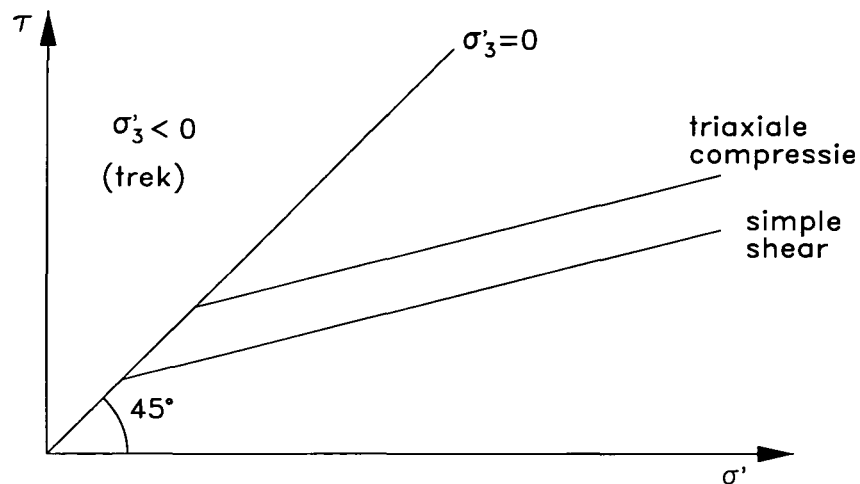
Figuur 2.3 Zônering van een bezwijkvlak

Actieve zône: In de actieve zône worden de vezels op trek belast, waarbij de vezels een wapeningsfunctie vervullen. Deze belastingstoestand kan worden benaderd in een CU- of CD-triaxiale compressieproef.

Neutrale zône: In de neutrale zône worden de vezels langs elkaar afgeschoven en speelt vooral de sterkte van het vulmateriaal een rol. Wel kan enige haakweerstand optreden als gevolg van verticaal georiënteerde vezels. De belastingstoestand in de neutrale zône kan worden benaderd door een constant volume ("CU") of CD-simple shearproef.

Passieve zône: In de passieve zône worden de vezels op stuik belast. Hoewel bij doorgaande vervorming weer uitrekking van de vezels kan optreden, blijkt de sterkte voornamelijk te worden bepaald door het vulmateriaal. De belastingstoestand in de passieve zône kan worden benaderd door een CU- of CD-triaxiale extensieproef.

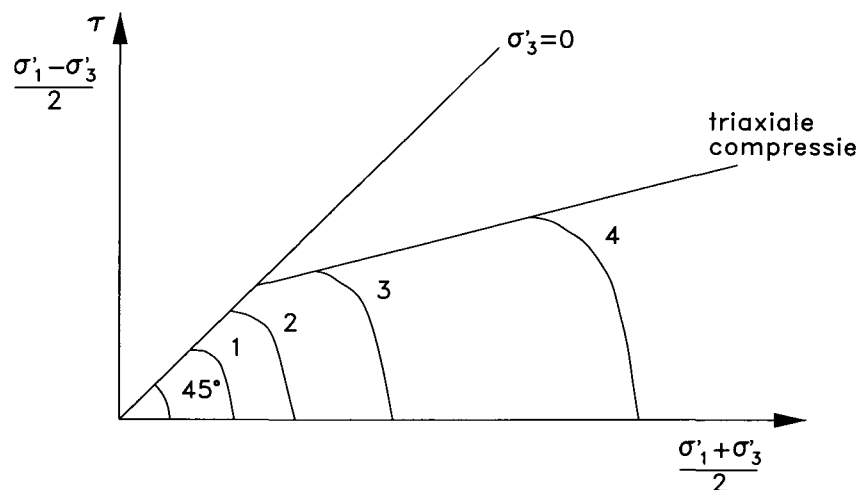
Uit het voorgaande blijkt dat de sterkte-eigenschappen van veen sterk anisotroop zijn. In figuur 2.4 is schematisch het verschil weergegeven tussen de omhullenden zoals die gevonden worden in een triaxiale compressieproef en een simple shearproef.



Figuur 2.4 Triaxiale compressie versus simple shear

Er is geen vergelijkend onderzoek bekend met triaxiale extensieproeven op veen. Uit onderzoek aan vezelgewapend zand is wel gebleken dat de sterkte die volgt uit de resultaten van de triaxiale extensieproef gelijk is aan of iets lager dan de sterkte die volgt uit de resultaten van de simple shearproef.

Bij het toepassen van de CU-triaxiale compressieproef heeft de aanwezigheid van vezels een ongunstig neveneffect. Vanwege de vezelwapening is de sterkte van veen in hoge mate onafhankelijk van de steundruk in de triaxiaalcel: het monster draagt zichzelf. Doordat bij belasten van het monster wateroverspanning in het monster gegenereerd wordt kan op zeker moment de wateroverspanning gelijk worden aan de steundruk (spanningspaden 1 en 2 in figuur 2.5); vanaf dit moment zijn de tot dan toe geldende randvoorwaarden in de proef verstoord en dient de proef te worden afgebroken.



Figuur 2.5 Spanningspaden in de CU-triaxiale compressieproef op normaal geconsolideerd veen

Bij hogere spanningen (spanningspaden 3 en 4 in figuur 2.5) treedt bezwijken van de vezels op voordat de wateroverspanning in het monster gelijk is aan de steundruk in de triaxiaalcel. In dit geval zal de verwachte omhullende gevonden worden waaruit de sterkte-eigenschappen van het monster afgeleid kunnen worden.

Het wapeningseffect van de vezels heeft tot gevolg dat bij lage spanningen een grote effectieve hoek van inwendige wrijving (ϕ') wordt gevonden, die afneemt naarmate de spanning toeneemt. Dit effect kan zowel in extreme vorm als in minder extreme vorm voorkomen. De gevonden waarden voor zowel de effectieve cohesie (c') als de effectieve hoek van inwendige wrijving (ϕ') worden niettemin als realistisch beschouwd, doch mogen enkel toegepast worden in de actieve zône (figuur 2.3) voor spanningsniveaus, die ook in de proef zijn toegepast.

De aanwezigheid van vezels is de oorzaak van anisotropie in de sterkte-eigenschappen van veen en bemoeilijkt de uitvoering van de CU-triaxiale compressieproef. Classificatieparameters die verband houden met de aanwezigheid van vezels kunnen informatie verschaffen omtrent:

- de wenselijkheid van het toepassen van verschillende waarden voor de sterkte-eigenschappen in de actieve, neutrale en passieve zône. Ingeval sprake is van anisotropie van de sterkte-eigenschappen kan de sterkte die volgt uit de resultaten van de CU-triaxiale compressieproef de werkelijke sterkte in de neutrale en passieve zône overschatten.
- de kans van slagen van een CU-triaxiale compressieproef bij lage spanningsniveau's.

In tabel 2.2 is een samenvatting gegeven van de aanbevolen sterkteproeven gebaseerd op het voorgaande en [Blommaart 1994a+b].

zône	volumegegewicht in natuurlijke toestand		
	$\leq 11,0 \text{ kN/m}^3$	$11,0 - 13,0 \text{ kN/m}^3$	$> 13,0 \text{ kN/m}^3$
actief	CD-triaxiaalproef (simple shearproef)	CU-triaxiaalproef (simple shearproef)	CU-triaxiaalproef
neutraal passief	simple shearproef	simple shearproef	CU-triaxiaalproef

(..) alternatief voor eerste keus (veilige benadering)

Tabel 2.2 Aanbevolen sterkteproeven

HOOFDSTUK 3

Classificatie

3.1 Doel van de classificatie

Het doel van de classificatie is in de eerste plaats om veen als zodanig te herkennen. Vaak is het voldoende om dit aan de hand van een visuele waarneming te doen. Naast visuele waarneming is het volumegewicht een belangrijke steun bij het onderscheiden van veen.

Om een onderverdeling in veenklassen te kunnen maken zijn, afhankelijk van het doel waarvoor de classificatie uitgevoerd wordt, verdere classificatieproeven nodig. Welke proeven voor welk doel minimaal benodigd of gewenst zijn wordt nader behandeld in paragraaf 3.2 van dit rapport.

Geotechnische eigenschappen van veen kunnen bepaald worden aan de hand van laboratoriumproeven. De keuze van het monster waarop een proef uitgevoerd wordt en de keuze van de proef kan gemaakt worden indien het doel van het grondonderzoek bekend is en indien de voorwaarden waaraan een monster moet voldoen voor een bepaalde proef bekend zijn. De monsterkeuze en keuze van proef kan gemaakt worden met behulp van enige visueel bepaalde classificatieparameters, eventueel aangevuld met enkele simpele classificatieproeven.

In de laatste plaats kan de classificatie aangewend worden om veen onder te verdelen in klassen, waarbij iedere klasse gekenmerkt wordt door karakteristieke geotechnische eigenschappen. Op deze wijze is het wellicht mogelijk geotechnische eigenschappen aan een veen toe te kennen zonder dat daartoe laboratoriumproeven uitgevoerd dienen te worden.

De methode Fokkens [Fokkens 1970] en [den Haan 1992b] maken gebruik van een correlatie tussen classificatieparameters (asgehalte, humusgehalte) en samendrukking.

Het doel van de classificatie bestaat samengevat uit de volgende aspecten:

- herkenning van veen en onderverdeling in klassen
- monsterkeuze voor laboratoriumproeven
- keuze van laboratoriumproeven ter bepaling van geotechnische eigenschappen
- vaststellen van karakteristieke geotechnische eigenschappen.

3.2 Classificatieparameters

In hoofdstuk 1 is aangegeven dat de inhoud van de classificatie afhankelijk is van het soort probleem. Ook speelt een rol, of het gaat om een eerste terreinverkenning door handboringen, of dat bepaalde eigenschappen nauwkeuriger moeten worden gemeten. In tabel 3.1 is een aanbeveling gedaan voor de parameters, die voor een classificatie van veen en organische gronden dienen te worden bepaald; in de tabel is een onderscheid gemaakt naar het doel van de classificatie.

Voor zover correlaties tussen classificatie- en geotechnische parameters zijn onderzocht, zijn deze opgenomen in [CUR 1992]. Onder geotechnische parameters worden samendrukkings- en sterkte-eigenschappen verstaan.

Tabel 3.1 is tevens de sleutel tot de nummering van de subparagrafen van paragraaf 3.5. Naast de bovenvermelde eigenschappen kan het uiteraard gewenst zijn aanvullende specifieke eigenschappen te bepalen. Hiervoor wordt verwezen naar de literatuur, vermeld in tabel 3.2.

In de nationale (Nederlandse Eenheids Norm, NEN) en internationale normensystemen (American Society for Testing of Materials, ASTM; British Standard, BS; Deutsche Normen und technische Regeln, DIN) zijn verschillende normen opgenomen met betrekking tot de geotechnische classificatie en bepaling van de classificatieparameters van veen en organische gronden. Voor een groot aantal van de classificatie eigenschappen, genoemd in tabel 3.1, zijn (nog) geen normen opgesteld. In de literatuur zijn echter vele publicaties te vinden, waarin een aanzet wordt gegeven tot normering van de diverse methoden. Daarnaast hebben vele auteurs aanvullingen, verfijningen en verbeteringen van de gepubliceerde normen voorgesteld.

In tabel 3.2 wordt een overzicht gegeven van de bestaande normen en overige relevante literatuur betreffende classificatie en bepaling van classificatieparameters. Er is onderscheid gemaakt tussen de eigenschappen, vermeld in tabel 3.1, die van algemeen belang worden geacht voor de classificatie van veen en organische gronden, en de eigenschappen, die van belang kunnen zijn voor meer specifieke classificatie.

De vermelde normbladen en literatuur zijn vrij toegankelijk, maar soms moeilijk verkrijgbaar; dit geldt met name voor enige Canadese handboeken. Wanneer de wens bestaat, deze literatuur nader te bestuderen, kunnen kopieën van de oorspronkelijke publicaties via de Technische Adviescommissie Waterkeringen worden verkregen.

parameter	para- graaf	boorbeschrijving en laagindeling	keuze van sterkteproef	correlatie met	
				samendrukkings- eigenschappen	sterkte- eigenschappen
hoofdbenaming	3.5.1	V			
botanische samenstelling	3.5.2	V	(M)		(M)
verweringsgraad: von Post	3.5.3	V			
verweringsgraad: PVI	3.5.3		(M)		(M)
watergehalte	3.5.4		(M)	M	
asgehalte	3.5.5	V	(M)	M	
volumegewicht	3.5.6		M	M	M
soortelijke massa	3.5.7			(M)	
gehalte fijne en grove vezels	3.5.8	V	(V)		(V)
gehalte hout en takjes	3.5.9	V	(V)		(V)
anisotropie in krimp	3.5.10		(M)		(M)

M = meting door middel van een laboratoriumproef

V = visuele waarneming of simpele handproef

(..) = aanbevolen, maar niet noodzakelijk

Tabel 3.1 Aanbevolen inhoud van een classificatie

eigenschap	ASTM	BS 1377	DIN	NEN	relevante literatuur	PTM par.no.
hoofdbenaming	D-2607-69 ¹⁾	-	-	5104	[Landva, Korpjaakko, Pheeny 1983]	-
botanische	D-2607-87 ¹⁾	-	-	-	[Landva, Korpjaakko, Pheeny 1983],	-
verweringsgraad	-	-	-	-	[Landva, Pheeny 1980],	(3.9) ¹⁾
watergehalte	D-2974-87 ¹⁾	2.1	18121	-	[Landva, Korpjaakko, Pheeny 1983],	2.5 ¹⁾
asgehalte	D-2974-87 ¹⁾	3.1	18128	-	[Andrejko e.a 1983],	3.7 ¹⁾
volumegewicht	-	-	-	-	-	2.3 ¹⁾
soortelijke massa	D-854-83	2.6	18124	-	[El-Amir 1989]	2.3 ¹⁾
overige volumetrische	-	-	-	-	[den Haan 1987a]	-
gehalte fijne en grove	-	-	-	-	[Hobbs 1986]	-
gehalte hout en takjes	-	-	-	-	[Hobbs 1986]	-
vezelgehalte	D-2607-69 ¹⁾	-	-	-	[Nichols, Boelter 1984]	2.1/2.2
krimp	D-427-84 ¹⁾	2.5	-	-	-	2.4 ¹⁾
treksterkte	-	-	-	-	[Hobbs 1986]	-
geur	-	-	-	-	[Hobbs 1986]	-
zuurgraad	D-2976-71 ¹⁾	3.4	-	5750	[Stanek 1973]	3.1 ¹⁾
Atterbergse grenzen	D-4318-84	2.2 - 2.4	18122	-	[Hobbs 1986]	-
kation uitwisselings-	-	-	-	-	[McLean e.a. 1964]	3.3 ¹⁾
kalkgehalte	D-4373-84	-	-	-	[Demars e.a. 1983]	3.4 ¹⁾
koolstofgehalte	-	-	-	-	[Allison e.a. 1965]	3.6 ¹⁾
stikstofgehalte	D-2973-71 ¹⁾	-	-	6641	-	3.10 ¹⁾

ASTM : Annual Book of ASTM Standards, 1993 (American Society for Testing of Materials) [ASTM 1993]

BS : BSI Standard BS 1377, British Standards Institution [BS 1990]

DIN : Deutsche Normen und technische Regeln (Deutsches Institut für Normung)

NEN : Nederlands Eenheidsnorm (Nederlands Normalisatie Instituut)

PTM : Peat Testing Manual [Raymond e.a. 1979]

¹⁾ : specifieke normen voor veen

Tabel 3.2 Overzicht van normen en relevante literatuur

3.3 Classificatiesysteem

Veen en organische gronden zijn van belang voor vele verschillende disciplines; derhalve zijn evenveel classificatiesystemen voorgesteld. Het is echter niet mogelijk om over een classificatiesysteem te beschikken dat alle betrokken vakgebieden bedient. Het classificatiesysteem, dat in deze publicatie wordt beschreven, is een weerspiegeling van de huidige inzichten in het grondmechanisch gedrag van veen. Het systeem is samengesteld uit bestaande Canadese en Finse classificatiesystemen, die zijn aangepast voor het afwijkende karakter van de Nederlandse venen. Ook de beschreven procedures voor bepaling van de classificatieparameters zijn deels ontleend aan de internationale voorschriften, waarbij de procedures zijn getoetst wat betreft bruikbaarheid voor de Nederlandse venen. Er dient dus voorzichtigheid te worden betracht met gebruik van gegevens uit de internationale literatuur voor de Nederlandse situatie.

Evenmin geldt, dat de te bepalen classificatieparameters hetzelfde zijn voor elk probleem. Afhankelijk van de doelstelling kan het gewenst zijn bepaalde parameters al dan niet te meten, of bepaalde parameters met grotere nauwkeurigheid te meten. Wanneer in de literatuur dus andere grondmechanische classificatiesystemen worden beschreven, dient men zich bewust te zijn van het feit, dat met de keus van de opgenomen classificatieparameters een andere toepassing kan zijn beoogd.

3.4 Selectie van monsters

3.4.1 Inleiding

De bepaling van de classificatieparameters dient bij voorkeur te gebeuren aan hetzelfde monster. De minimale afmetingen van het monster moeten zodanig zijn, dat inhomogeniteiten op centimeter-schaal als gevolg van de aanwezigheid van grove plantenresten worden vereffend. De maximale afmetingen van het monster moeten zodanig zijn, dat binnen het monster geen variaties in de samenstelling van het veen voorkomen; aan de andere kant moeten de afmetingen dus zo klein mogelijk zijn.

De inhomogeniteit van veenafzettingen in verticale richting is in het algemeen groter dan in horizontale richting. Dit is een gevolg van de ontstaanswijze van veen: na het afsterven van de planten ontstaat aan het oppervlak een laag met horizontaal liggende stengels, bladeren en takken. Deze horizontale structuur wordt versterkt door compactie. Wat betreft de selectie van monsters zijn variaties in verticale richting dus bepalend; in het algemeen spelen deze variaties zich af op decimeter-schaal [Sikder 1994].

3.4.2 Aanbevolen methode

Het aanbevolen volume van een monster is afhankelijk van de toepassing en is gegeven in appendix A voor een volledige serie laboratoriumproeven.

Het opdelen van het monster in deelmonsters voor de verschillende bepalingen en de volgorde, waarin de bepalingen moeten worden uitgevoerd, wordt beschreven in appendix A.

3.5 Beschrijving van de classificatieproeven

3.5.1 Hoofdbenaming

3.5.1.1 Inleiding

"Veen" heeft verschillende betekenissen en de term wordt vaak verkeerd gebruikt. Een gebruikelijke manier om veen te definiëren is gebaseerd op het asgehalte.

Hoewel veen voornamelijk bestaat uit overblijfselen van planten, bevat het altijd een zekere hoeveelheid van verschillende anorganische bestanddelen, die alle worden aangeduid als "as". Voor classificatiedoeleinden is het doorgaans niet nodig de aard van de as precies te kennen.

In deze paragraaf wordt een methode aanbevolen voor de bepaling van de hoofdbenaming van veen en organische gronden op basis van het asgehalte. Tevens zal een aantal termen worden verduidelijkt, die worden gebruikt voor veenachtige materialen. De wijze, waarop het asgehalte van veen dient te worden bepaald, wordt beschreven in paragraaf 3.5.5.

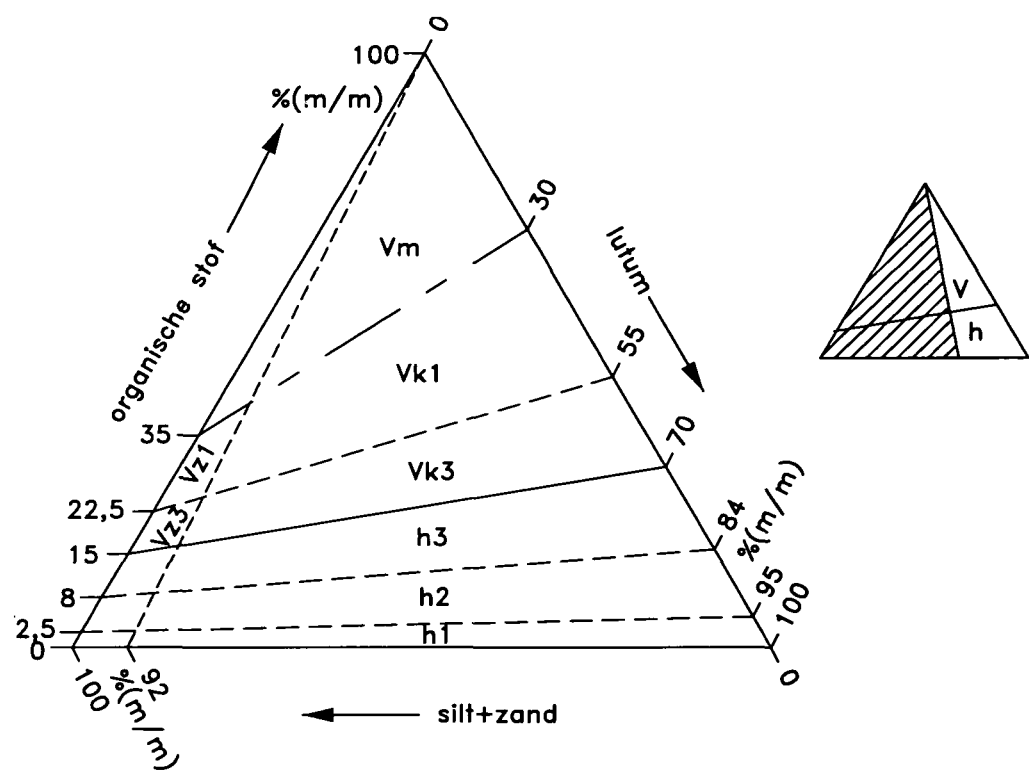
3.5.1.2 Aanbevolen methode

Het wordt aanbevolen de hoofdbenaming van veen en organische gronden te ontleen aan [NNI 1989a] Nederlandse NEN-norm 5104. In deze norm wordt de hoofdbenaming in eerste instantie bepaald door de plaats in de organische stof-lutum-silt+zanddriehoek (figuur 3.1). De omschrijving volgens deze driehoek wordt aangevuld met de benaming volgens de lutum+silt-zand-zanddriehoek (figuur 3.2) of de lutum+silt-zand-grinddriehoek (figuur 3.3).

Het scheve verloop van de grenslijnen in de organische stof-lutum-silt+zanddriehoek (figuur 3.1) berust op veldervaring: naarmate een grond meer lutum bevat, moet deze meer organische stof bevatten om even "humeus" te worden beoordeeld. De in de norm voorgestelde indeling sluit echter niet goed aan bij de geotechnische eigenschappen die aan de verschillende soorten veen kunnen worden toegeschreven. Volgens [NNI 1989a] zou zowel materiaal met een asgehalte van 40% als materiaal met een asgehalte van 5% worden omschreven als "mineraalarm". Materiaal met een asgehalte van 40% bevat zeer waarschijnlijk veel minder vezels dan materiaal met een asgehalte van 5%. Het mechanisch gedrag van beide materialen zal dus sterk verschillend zijn; dit verschil wordt in de benaming volgens [NNI 1989a] alleen niet uitgedrukt.

Derhalve wordt aanbevolen om naast vermelding van de benaming, expliciet het asgehalte of het gehalte aan organische stof en een indicatie omtrent de aard van de anorganische stof te vermelden. Een exacte bepaling van de lutum-, silt- en zandfractie van het anorganische deel is niet op eenvoudige wijze mogelijk; de aandelen van de diverse fracties dienen te worden geschat.

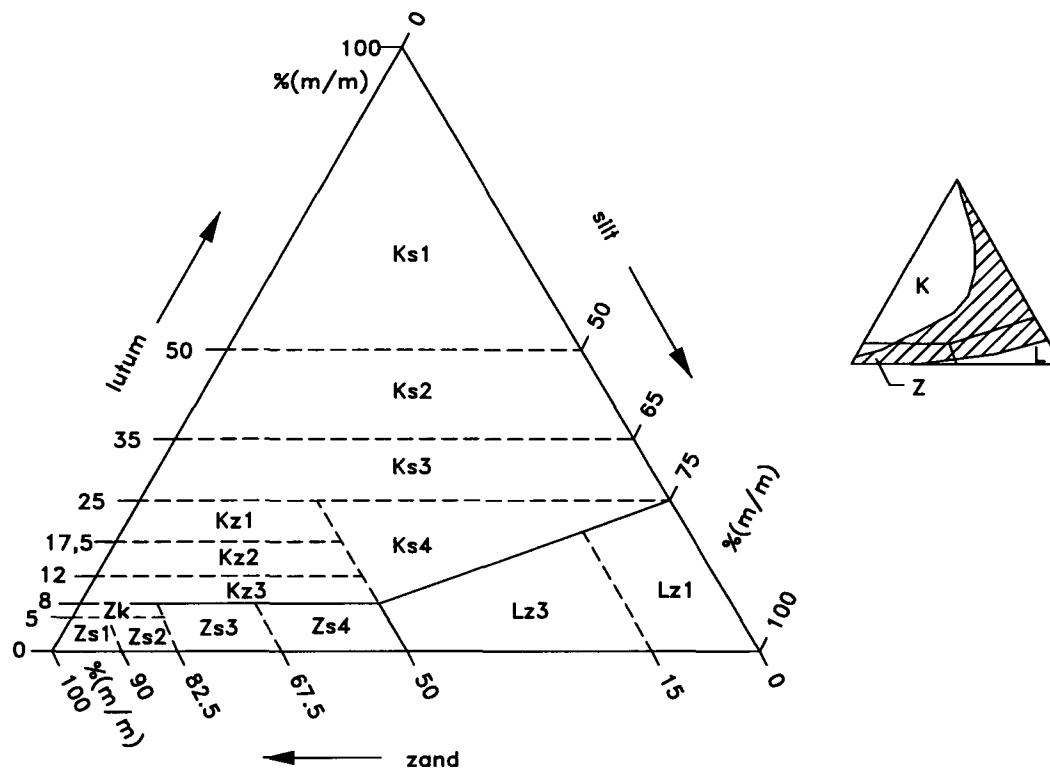
Naast de officiële hoofdbenaming volgens [NNI 1989] worden ter aanduiding van organische gronden in de literatuur nog een aantal termen gebruikt, waarvan de betekenis is gegeven in tabel 3.3. In Nederland komen mengsels vrijwel alleen voor in het gearceerde gebied.



veld	benaming mengsel			
	hoofdnaam	toevoeging uit naamgevende driehoek	toevoeging uit niet-naamgevende driehoek	toevoeging aan andere hoofdnamen
Vm	veen	mineraalarm	toevoeging volgt uit figuur 3.3	
Vk1	veen	zwak kleiig		
Vk3	veen	sterk kleiig		
Vz1	veen	zwak zandig		
Vz3	veen	sterk zandig		
h1	benaming volgt uit figuur 3.2 en/of 3.3			zwak humeus
h2				matig humeus
h3				sterk humeus

Figuur 3.1 Indeling van organische gronden in de organische stof-lutum-silt+zanddriehoek volgens [NNI 1989a]

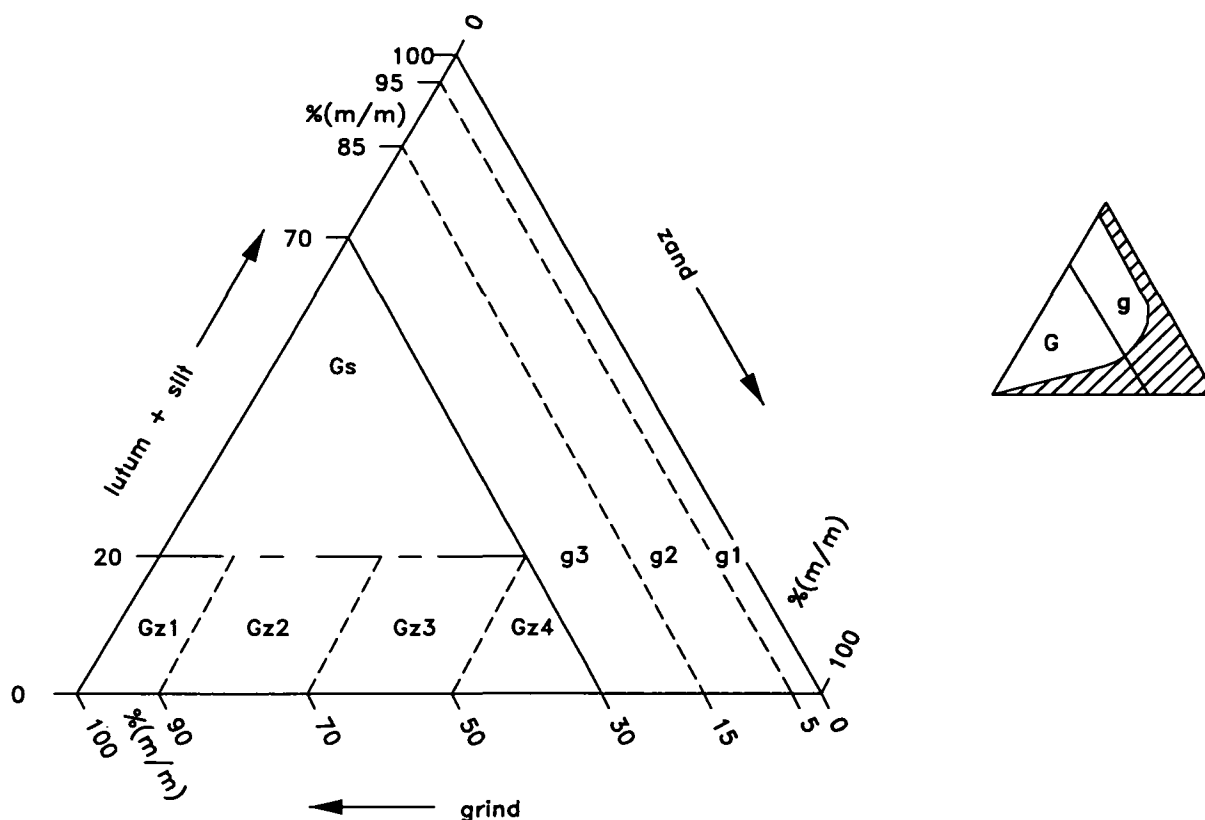
In Nederland komen mengsels vrijwel alleen voor in het gearceerde gebied



veld	benaming mengsel		
	hoofdnaam	toevoeging uit naamgevende driehoek	toevoeging uit niet-naamgevende driehoek
Ks1	klei	zwak siltig	toevoeging volgt uit figuur 3.1 en/of 3.3
Ks2	klei	matig siltig	
Ks3	klei	sterk siltig	
Ks4	klei	uiterst siltig	
Kz1	klei	zwak zandig	
Kz2	klei	matig zandig	
Kz3	klei	sterk zandig	
Lz1	leem	zwak zandig	
Lz3	leem	sterk zandig	
Zk	zand	kleiig	
Zs1	zand	zwak siltig	
Zs2	zand	matig siltig	
Zs3	zand	sterk siltig	
Zs4	zand	uiterst siltig	

Figuur 3.2 Indeling van gronden in de lutum-silt-zanddriehoek volgens [NNI 1989a]

In Nederland komen mengsels vrijwel alleen voor in het gearceerde gebied



veld	benaming mengsel				
	hoofdnaam	toevoeging uit naamgevende driehoek	toevoeging uit niet-naamgevende driehoek	toevoeging aan andere hoofdnamen	
Gs	grind	siltig	toevoeging volgt uit figuur 3.1		
Gz1	grind	zwak zandig			
Gz2	grind	matig zandig			
Gz3	grind	sterk zandig			
Gz4	grind	uiterst zandig			
g1	benaming volgt uit figuur 3.1 en/of 3.2				zwak grindig
g2					matig grindig
g3					sterk grindig

Figuur 3.3 Indeling van gronden in de lutum+silt-zand-grinddriehoek volgens [NNI 1989a]

term	betekenis
mull, veraard veen	goed verkneet mengsel van organisch en anorganisch materiaal, excrementen
molm	geheel vergane organische massa, mest, rottingsslib
meermolm, verslagen veen	door de inwerking van golven en stroming omgewerkt veen
dy	donker, gelei-achtig slib van organisch materiaal, neergeslagen in zoet water
gyttja	zwart slib, waarin organische bestanddelen herkenbaar zijn, afgezet in voedselrijke condities
saproeel	slib, dat wisselende hoeveelheden onherkenbaar organisch materiaal bevat, afgezet onder anaërobe condities

Tabel 3.3 Verklaring van overige termen ter omschrijving van organische gronden

3.5.2 Botanische samenstelling

3.5.2.1 Inleiding

De botanische samenstelling van veen is een belangrijke classificatieparameter. Op de eerste plaats is de botanische samenstelling van belang voor de sterkte en de stijfheid van de plantenvezels; houtachtige vezels hebben andere eigenschappen dan grasachtige vezels. Op de tweede plaats kan door bepaling van de botanische samenstelling van het veen in een boring een beeld worden gevormd van de wordingsgeschiedenis van het veenvoorkomen. In combinatie met literatuurgegevens over de veenvorming in het gebied kan aldus een idee worden verkregen over de ruimtelijke variatie van de lagen. Het is op deze wijze mogelijk een geotechnisch profiel te reconstrueren, waarin niet alleen onderscheid wordt gemaakt naar zand-, klei- en veenlagen, maar waarin tevens het veen is onderverdeeld. Met behulp van het geotechnisch profiel kunnen vervolgens representatieve monsterlokaties worden vastgesteld.

De botanische samenstelling van organische gronden wordt beschreven in diverse classificatiesystemen. Een van de eerste classificatiesystemen is opgesteld door [von Post 1922] in Zweden. Dit systeem beschrijft botanische samenstelling, verweringsgraad, watergehalte, fijne en grove vezels en houtresten. Het von Post systeem is de basis van vele latere systemen [Hobbs, 1986], [Landva, Pheeney 1980].

Alle genoemde classificatiesystemen hebben gemeen dat er een zekere deskundigheid en ervaring nodig is om een goede beschrijving van het materiaal te kunnen geven.

3.5.2.2 Aanbevolen methode

In de Nederlandse venen komen in hoofdzaak de in tabel 3.4 genoemde botanische soorten voor. Voor classificatiedoeleinden is onderscheid naar de in tabel 3.4 genoemde plantensoorten voldoende.

Natuurlijk veen bestaat bijna altijd uit meerdere plantensoorten. In het normale Nederlandse spraakgebruik wordt eerst het bijbestanddeel genoemd en vervolgens het hoofdbestanddeel. Riet-zeggeveen bestaat dus voornamelijk uit zegge, terwijl riet als bijbestanddeel aanwezig is.

botanische soort	Latijnse benaming
waterplanten	Scheuchzeria
riet	Phragmites
zegge	Carex
hout:	
- eik	Quercus
- els	Alnus
- berk	Betula
- wilg	Salix
mos	Spaghnum, Hypnum, Bryales
wollegras	Eriophorum
heide:	
- dopheide	Erica
- struikheide	Calluna

Tabel 3.4 Botanische soorten in Nederlands veen

3.5.3 Verweringsgraad

3.5.3.1 Inleiding

De mechanische eigenschappen van organische gronden worden voor een groot deel bepaald door het gehalte aan en de aard van de plantenvezels. Veranderingen van het organisch materiaal door biologische afbraakprocessen hebben derhalve een grote invloed op de zetting, schuifsterkte en de stabiliteit van het veenvoorkomen. Het hele proces van veranderingen in de relatieve hoeveelheid en aard van de organische stof staat bekend als vertering.

De verteringssnelheid van organische gronden wordt sterk bepaald door de aanwezigheid van zuurstof. In de bovenste 10 tot 60 cm van een veenafzetting, die zijn blootgesteld aan de lucht, vindt afbraak van organisch materiaal plaats door aërobe organismen, die zuurstof nodig hebben bij de vertering. Lager in de afzetting, waar de grond is verzadigd, vindt afbraak plaats door anaërobe organismen in afwezigheid van zuurstof.

Bij de classificatie van veen ligt de nadruk op de beschrijving van de momentane toestand. Er zijn in de literatuur ook methoden bekend om de toekomstige verwerking vast te stellen [Wardwell 1983]; deze methoden worden hier niet beschreven.

3.5.3.2 Aanbevolen methode (veld)

Voor de bepaling van de momentane verweringsgraad van veen kan gebruik worden gemaakt van de methode van von Post. In deze methode wordt een hoeveelheid veen uitgeknepen in de hand. Afhankelijk van de kleur en consistentie van het uitgeperste materiaal en het residu wordt een beoordeling van de verweringsgraad gegeven op een schaal van 1 tot 10; de schaal van von Post is gegeven in appendix ?. De bepaling van de verweringsgraad volgens von Post is nogal subjectief van aard. Om dit enigszins te ondervangen is in appendix B tevens een versimpelde gradering gegeven.

De bepaling volgens von Post is vooral geschikt voor mineraalarme venen. Wanneer het monster meer klei bevat, bestaat het uitgeknepen materiaal voornamelijk uit klei. Tevens blijkt dat de aard van de plantenresten wordt verhuld door het anorganisch materiaal. In kleiige venen is de bepaling van de verweringsgraad in de knijpproef alleen derhalve twijfelachtig. Het verdient aanbeveling in deze gevallen tevens een visuele inspectie van de toestand van de plantenresten uit te voeren, waarvoor enige botanische kennis en ervaring is vereist.

3.5.3.3 Aanbevolen methode (laboratorium)

Bij de verwerking van veen worden humuszuren gevormd. De hoeveelheid gevormde humuszuren is een maat voor de verwerking van veen. Voor de bepaling van de momentane verweringsgraad van veen kan gebruik gemaakt worden van de methode die de absorptie van licht door een extract van humuszuren en natriumpyrofosfaat bepaalt. Op deze wijze wordt een objectieve maat voor de verwerking vastgesteld onder geconditioneerde omstandigheden.

Voorafgaand aan de bepaling van het asgehalte wordt het materiaal gedurende 24 uur gedroogd bij 110 ± 5 °C. Na droging wordt het materiaal fijngemalen.

Van het gedroogde en fijngemalen monster wordt ca 0,5 gram afgewogen (m_{monster}). Hiermee wordt met 50 ml van een 0,025 M natriumpyrofosfaat-oplossing een extract gemaakt (11,152 gram in 1000 ml gedemineraliseerd water). De extractie geschiedt onder voortdurend schudden gedurende 18 uur bij kamertemperatuur. Vervolgens wordt de oplossing 5-voudig verdund en gefiltreerd door no. 30 Whatman filterpapier.

De kleurintensiteit van het gefilterde en verdunde extract wordt gemeten met een fotospectrometer, voorzien van een monochromatisch lichtfilter, bij een golflengte van 550 nm. De pyrofosfaatverweringsindex (PVI) is gelijk aan de absorptie van het extract in procenten gecorrigeerd voor het asgehalte en exacte gewicht volgens vergelijking (3.1).

$$PVI = \text{absorptie} \times \frac{0,5}{m_{\text{monster}}} \times \frac{100}{(100 - \text{asgehalte})} \quad (3.1)$$

waarin: PVI [%] = pyrofosfaatverweringsindex
 absorptie [%] = absorptie in de fotospectrometer
 m_{monster} [g] = massa van het gedroogde en fijngemalen monster

3.5.3.4 Ontraden methode

Het gebruik van correlaties van de verweringsgraad met andere classificatieparameters wordt ontraden. Volgens [Venmans 1989] en [Blommaart 1994b] wordt in het algemeen slechts een kwalitatief verband gegeven; de spreiding in de waarnemingen is te groot in verhouding tot het totale bereik om kwantitatieve waarde aan de verbanden te hechten.

Ook het gebruik van correlaties, gegeven in de internationale literatuur wordt ontraden; het is zeer waarschijnlijk dat deze correlaties zijn opgesteld voor materiaal dat niet overeenkomt met de Nederlandse venen.

3.5.4 Watergehalte

3.5.4.1 Inleiding

Het watergehalte van organische gronden kan extreme verschillen vertonen, afhankelijk van het gehalte aan anorganisch materiaal en de verweringsgraad. Het watergehalte van organische klei met sterk verweerde organische bestanddelen benadert dat van een plastische klei. Het watergehalte van een zeer mineraalarm hoogveen, dat nauwelijks is verweerd, kan daarentegen tot 3.000% bedragen.

Naast het grote bereik van de watergehalten, kan ook het watergehalte op één lokatie op hetzelfde niveau sterk uiteenlopen. Volgens gegevens van [Landva, Pheeney 1980] kan de variatie op korte

afstand 20% van de gemiddelde waarde bedragen.

In de literatuur bestaat enig verschil van mening over de toe te passen droogtemperatuur; verschillende auteurs stellen voor het materiaal te drogen bij 60 °C of 85 °C in plaats van de gebruikelijke 110 °C om beginnende oxydatie van het organisch materiaal te voorkomen. Een belangrijk nadeel van droging bij 60 °C of 85 °C en atmosferische druk is dat onvolledige afdrijving van het water plaatsvindt, ongeacht de tijdsduur van droging.

3.5.4.2 Aanbevolen methode (veld)

Voor mineraalarm veen en zwak kleilig veen (asgehalte lager dan ca 60%) kan het watergehalte in het veld omschreven worden als aangegeven in tabel 3.5.

watergehalte uit laboratoriumbepaling	omschrijvende term
%	
< 200	droog
200 - 500	iets uitgedroogd
500 - 1.000	normale vochtigheid
1.000 - 2.000	nat
> 2.000	zeer nat

Tabel 3.5 Watergehaltebepaling (veld)

De meeste Nederlandse venen hebben een watergehalte tussen 200% en 1.000%. Voor de veldbepaling van het watergehalte is enige ervaring noodzakelijk; deze ervaring kan worden verkregen door ijking aan de bepaling van het watergehalte in het laboratorium.

3.5.4.3 Aanbevolen methode (laboratorium)

Voor de bepaling van het watergehalte van veen en organische gronden wordt aanbevolen het

materiaal gedurende 24 uur te drogen bij 110 ± 5 °C. Indien verschillende monsters tegelijkertijd in een oven worden gedroogd, dient te worden gecontroleerd of overal in de oven een gelijke temperatuur heerst. Daarnaast dient voortdurend te worden geventileerd om de vrijgekomen waterdamp af te voeren.

Ter bepaling van het watergehalte dient minimaal een monstervolume van 100 cm³ natuurlijk materiaal te worden gebruikt; bij voorkeur wordt dit verkregen zoals beschreven in paragraaf 3.4.

Het watergehalte wordt gerelateerd aan de massa van de droge stof volgens vergelijking (3.2).

$$\text{watergehalte} = \frac{\text{massa vóór droging} - \text{massa na droging}}{\text{massa na droging}} \times 100 \% \quad (3.2)$$

Deze definitie geeft een betere uitdrukking van het watergehalte van organische gronden dan die, waarbij het watergehalte wordt gerelateerd aan de totale massa van het monster vóór droging.

3.5.4.4 Alternatieve methode (laboratorium)

Wanneer het absoluut gewenst is, beginnende oxydatie van organisch materiaal te vermijden, bestaat de mogelijkheid ook bij de lagere droogtemperatuur van 85 °C volledige waterafdrijving te forceren door verlaging van de omgevingsdruk. Hiertoe dient een droogoven te worden gebruikt, die speciaal is ingericht voor droging onder vacuüm. Hierin wordt een zodanig vacuüm aangebracht, dat het kookpunt van water naar minimaal 80 °C wordt verlaagd. Dit komt overeen met een verlaging tot een absolute druk van 35 cmHg of 0,45 atm of 45 kPa of minder.

Omdat bij de droging van veen over het algemeen veel waterdamp vrijkomt en de capaciteit voor het afzuigen van waterdamp van vacuümovens in het algemeen beperkt is, wordt aanbevolen het materiaal eerst gedurende 24 uur in een normale droogoven bij 85 °C te drogen. Ook wanneer deze voorbehandeling wordt toegepast, verdient het de voorkeur niet meer dan ongeveer 500 gram materiaal tegelijk in de vacuümoven te drogen. Tevens dient tijdens de droging af en toe even lucht te worden toegelaten om condens te verwijderen van koelere delen van de oven. Het toelaten van lucht bevordert de afvoer van dit water. Een droogtijd van 24 uur volstaat.

3.5.4.5 Ontraden methode

Het wordt ontraden om de droging bij verlaagde omgevingsdruk uit te voeren met behulp van een

exsiccator, die in de droogoven wordt geplaatst. Omdat de sterkte van het glas van de exsiccator bij verhitten blijvend afneemt, is deze methode uit veiligheidsoverwegingen ongeschikt.

3.5.5 Asgehalte

3.5.5.1 Inleiding

Zoals vermeld in paragraaf 3.5.1 (hoofdbenaming), bestaat veen voornamelijk uit overblijfselen van planten; daarnaast bevat het altijd een zekere hoeveelheid van verschillende anorganische bestanddelen, die alle worden aangeduid als "as". Dit zijn zowel discrete mineralen als anorganisch materiaal dat via ion-bindingen wordt vastgehouden en dat niet gemakkelijk is te verwijderen.

Bepaling van het gehalte anorganische bestanddelen van organische grond is bepalend voor de hoofdbenaming en levert een indicatie op omtrent de mechanische eigenschappen. De hoofdindeling in de organische stof-lutum-silt+zanddriehoek is gebaseerd op de veldmethode voor visuele schatting van het asgehalte. De laboratoriummethoden ter bepaling van het asgehalte vallen uiteen in twee groepen: de chemische (natte verassings-) methoden met behulp van sterke oxydatoren, en de droge verassingsmethoden door verbranding in een oven. De droge verassingsmethoden zijn verder te verdelen in methoden, waarbij de hoeveelheid vrijgekomen CO₂ wordt bepaald, en methoden, waarbij het gewichtsverlies wordt gemeten.

De droge methoden, waarin de hoeveelheid CO₂ wordt bepaald, zijn het meest nauwkeurig, omdat hierbij fouten ten gevolge van ontleding van bijvoorbeeld sulfiden worden geëlimineerd. De droge methoden zijn ook het meest bewerkelijk. Ook de natte methoden zijn redelijk nauwkeurig; deze methoden zijn minder bewerkelijk dan de bovengenoemde droge methoden. Beide soorten methoden worden vooral gebruikt voor de analyse van organische gronden voor biologisch, ecologisch en geochemisch onderzoek. Omdat de gebruikte chemicaliën vaak explosief zijn of gevaar voor de gezondheid opleveren, en dus tamelijk specialistische kennis vergen, zijn deze methoden niet zo geschikt als routinebepaling in de geotechniek.

Voor de normale geotechnische doeleinden zijn de droge verassingsmethoden echter voldoende nauwkeurig. Een normale verassingstemperatuur voor organische materialen is 550 °C. Strikt genomen wordt niet het asgehalte bepaald, maar het gloeiverlies, dat bij benadering het complement van het asgehalte is. Bij 550 °C treedt altijd ontleding of verandering van de anorganische bestanddelen op. Kleimineralen verliezen water; pyriet, calcië en gips ontleden; bij hoge temperaturen verdampt een deel van het zout. Het asgehalte is dus niet exact gelijk aan het complement van het gloeiverlies. Een belangrijker nadeel van verassing bij lagere temperaturen is

echter dat niet alle organische bestanddelen ontleden.

3.5.5.2 Aanbevolen methode (veld)

Voor visuele schatting van het asgehalte in het veld kan de organische stof-lutum-silt+zanddriehoek volgens [NNI 1989a] worden gebruikt; hiervoor is enige ervaring noodzakelijk. Bij de indeling van de classificatiedriehoek is gebruik gemaakt van de kennis, dat organische gronden relatief méér zand moeten bevatten dan klei om als even 'humeus' te worden aangemerkt. Dit houdt in, dat een schatting van het asgehalte in het veld niet rechtstreeks kan worden gekoppeld aan de bepaling, zoals die in het laboratorium kan worden uitgevoerd.

3.5.5.3 Aanbevolen methode (laboratorium)

Voor de bepaling van het asgehalte van veen en organische gronden wordt aanbevolen het gloeiverlies van circa 5 gram vooraf gedroogd materiaal door droge verbranding bij 550 °C gedurende 5 uur te meten. Het verdient aanbeveling de ruimte, waarin de oven staat, goed te ventileren omdat de rook die bij de verbranding vrijkomt, mogelijk schadelijk voor de gezondheid is. Tevens verdient het aanbeveling platte kroezen te gebruiken, die gedeeltelijk worden afgedekt. Na afloop dient te worden gecontroleerd of al het materiaal is verbrand.

Het gloeiverlies wordt gerelateerd aan de massa van het droge, niet veraste materiaal volgens vergelijking (3.3).

$$\text{gloeiverlies} = \frac{\text{massa vóór verassing} - \text{massa na verassing}}{\text{massa na verassing}} \times 100 \% \quad (3.3)$$

In verband met ontleding van anorganisch materiaal wordt aanbevolen voor de berekening van het asgehalte uit het gloeiverlies de volgende correctie volgens vergelijking (3.4) [Skempton, Petley 1970] toe te passen.

$$\text{asgehalte} = 1,04 \times (100 - \text{gloeiverlies} [\%]) \quad (3.4)$$

In de vergelijkingen (3.3) en (3.4) zijn asgehalte en gloeiverlies beide in procenten uitgedrukt. De gebruikte correctiefactor van 1,04 houdt in, dat het anorganisch materiaal 4% gewicht verliest bij

verbranding.

In Nederland zijn nog enige andere correcties in gebruik; zo gebruikt Stiboka voor verassing bij 550 °C een correctie, waarin de bijdragen van respectievelijk de lutum-, silt- en zandfracties afzonderlijk zijn verwerkt. Het netto-effect van deze correcties komt met voldoende nauwkeurigheid overeen met de correctie volgens vergelijking (3.4), zodat bepaling van de afzonderlijke korrelfracties niet nodig is.

Ter bepaling van het asgehalte dient minimaal een monstervolume van 100 cm³ natuurlijk materiaal te worden gebruikt, dat bij voorkeur wordt verkregen zoals beschreven in paragraaf 3.4. Droging van het materiaal vindt plaats zoals beschreven in paragraaf 3.5.4, zodat as- en watergehalte aan hetzelfde monster kunnen worden bepaald. Indien het gedroogde materiaal wordt gemalen en gehomogeniseerd, kan worden volstaan met de verassing van een deel van het totale monster.

3.5.6 Volumegewicht in natuurlijke toestand

3.5.6.1 Inleiding

Het volumegewicht in natuurlijke toestand van veen en organische gronden kan variëren van 8 kN/m³ voor waterrijk, onverzadigd mineraalarm veen tot de normale waarden van ongeveer 16 kN/m³ die voor humusrijke klei geldt. Voor veen en zwak kleilig veen worden echter meestal waarden gemeten tussen 9,5 en 11 kN/m³.

Het volumegewicht in natuurlijke toestand is van belang als directe classificatieparameter, die een indicatie geeft omtrent het asgehalte. Daarnaast kan uit het volumegewicht in natuurlijke toestand, in combinatie met metingen van het watergehalte en de soortelijke massa, eigenschappen als verzadigingsgraad en poriëngetal worden berekend (paragraaf 3.5.11).

In het algemeen zijn drie soorten methoden te onderscheiden ter bepaling van de volumegewicht in natuurlijke toestand:

- methoden waarbij het monster tot een bekend volume wordt teruggebracht
- methoden waarbij het materiaal in een vloeistof wordt ondergedompeld, al dan niet voorzien van een coating
- methoden waarbij het materiaal wordt ondergedompeld en verzadigd.

De bepaling van het volumegewicht in natuurlijke toestand op basis van een bekend volume is de meest gebruikte methode; voor het bekende volume wordt of gebruik gemaakt van de vorm die

het monster al heeft na het bemonsteren, of wordt het monster getrimd in een steekring. De steekringmethode levert in principe nauwkeuriger resultaten op; rechtstreekse bepaling van het monster uit de boorbuis geeft echter een beter beeld van het globale volumegewicht van de afzetting.

3.5.6.2 Aanbevolen methode

De gebruikelijke methoden ter bepaling van het volumegewicht in natuurlijke toestand behoeven geen speciale wijzigingen voor toepassing op veen en organische grond. De methoden, waarbij een vast volume wordt gebruikt, zijn het minst bewerkelijk en zijn voldoende nauwkeurig voor classificatiedoeleinden, wanneer een algemeen beeld van een veenafzetting moet worden verkregen.

Wat betreft classificatie kan de keuze voor een bepaalde methode worden gemaakt op basis van homogeniteit en representativiteit van het te onderzoeken materiaal. Gezien de grote inhomogeniteit van veen verdient het aanbeveling zo groot mogelijke volumina materiaal te beproeven; de grootte van het monster wordt echter beperkt door de gewenste representativiteit voor een bepaalde laag. Als minimum wordt aanbevolen een monstervolume van 100 cm³ te gebruiken. Na bepaling van het volumegewicht in natuurlijke toestand kan het monster voor verdere bepalingen worden gebruikt zoals beschreven in paragraaf 3.4.

Wanneer het materiaal grote stukken hout bevat, zoals bosveen, dient het volumegewicht in natuurlijke toestand bij voorkeur te worden bepaald op een groot monstervolume door de methode, waarbij als vast volume een deel van een boring wordt gebruikt, in plaats van een steekring. Ook bij toepassing van de steekring in andere soorten veen, waar het monster binnen het volume van de steekring voldoende homogeen kan worden verondersteld, dienen bij voorkeur meerdere bepalingen op naburige monsters te worden verricht.

Grotere monsters uit een boorbuis kunnen onder water worden gewogen, gesteund door een halfronde goot. Omdat het materiaal na enige tijd uiteenvalt, dient de massa onmiddellijk te worden afgelezen.

Na weging onder water kan het volumegewicht worden berekend volgens vergelijking (3.5).

$$\text{volumegewicht} = \frac{\text{massa boven water}}{\text{massa boven water} - \text{massa onder water}} \times 9,81 \text{ kN/m}^3 \quad (3.5)$$

Bij gebruik van de steekring dient de monsterverstoring minimaal te zijn. Dit wordt bereikt door schone steekringen te gebruiken met scherpe snijkanten. Wanneer het monster stukken hout bevat, zoals in bosveen, is verstoring bijna niet uit te sluiten.

Altijd moet worden gezien, of na het verwijderen van het monster uit de boorbuis ontspanning is opgetreden; hiervoor dient te worden gecorrigeerd. De overschatting van het volume ten gevolge van ontspanning kan in de orde van 5% zijn. Bij voorkeur dient dus het volume terug te worden gerekend naar het volume vóór ontspanning door ijking aan de lengte en diameter van de monsterbuis. Op deze wijze kan een redelijke schatting worden verkregen van de toestand van het monster in het terrein.

3.5.6.3 Alternatieve methode

Wanneer het niet goed mogelijk is een regelmatig monstervolume te verkrijgen, of wanneer een grotere nauwkeurigheid vereist is zoals bij het bestuderen van individuele monsters, kan onderdompeling in kwik worden toegepast. Hierbij wordt geen coating of bevriezing van het monster gebruikt. Nadat het monster is gewogen wordt het ondergedompeld in een afgestreken bakje met kwik; uit de verplaatste hoeveelheid kwik wordt het volume van het monster berekend, volgens vergelijking (3.6).

$$\text{volumegewicht} = \frac{\text{massa monster}}{\text{massa verplaatst kwik}} \times 132 \text{ kN/m}^3 \quad (3.6)$$

3.5.6.4 Ontraden methode

In het Peat Testing Manual [Raymond e.a. 1979], paragraaf 2.3.3, wordt een methode beschreven om de volumetrische parameters, waaronder het volumegewicht in natuurlijke toestand te bepalen door onderdompeling in kerosine, waarna het monster wordt verzadigd. Deze methode levert onbetrouwbare resultaten op en wordt derhalve ontraden.

3.5.7 Soortelijke massa

3.5.7.1 Inleiding

Volgens de gegevens in de literatuur is de soortelijke massa van veen en organische grond sterk afhankelijk van het asgehalte. In dit opzicht is het feitelijk onjuist om van 'de' soortelijke massa

van organische grond te spreken, omdat er altijd sprake is van een mengsel van organisch en anorganisch materiaal. Beter zou het zijn de term 'gemiddelde' soortelijke massa te gebruiken.

De soortelijke massa wordt gewoonlijk gemeten met behulp van een pycnometer. Terwijl de soortelijke massa van kwarts en kleimineralen, die de anorganische fractie vormen, ligt tussen 2,6 en 2,7, ligt de soortelijke massa van cellulose en lignine in de buurt van 1,4 tot 1,5. Er worden echter ook extreem lage waarden van 1,1 vermeld, die het gevolg zijn van onvolledige ontluchting van het materiaal in de pycnometer. Dit wijst er op dat grote aandacht dient te worden besteed aan een correcte uitvoering van de bepaling.

3.5.7.2 Aanbevolen methode

Voor classificatiedoeleinden kan de soortelijke massa met voldoende nauwkeurigheid worden afgeleid uit het gloeiverlies, volgens vergelijking (3.7).

$$G = \frac{100}{\frac{N}{1,04 \times G_{\text{org}}} + \frac{100 - N}{1,04 \times G_{\text{an}}}} \quad (3.7)$$

waarin: G [-] = soortelijke massa
 G_{org} [-] = soortelijke massa organisch materiaal
 G_{an} [-] = soortelijke massa anorganisch materiaal
 N [%] = gloeiverlies

In vergelijking (3.7) is rekening gehouden met het gewichtsverlies van het anorganisch materiaal volgens vergelijking (3.4) in paragraaf 3.5.5. Uit onderzoek [El-Amir 1989] is gebleken, dat voor G_{org} en G_{an} respectievelijk de waarden 1,365 en 2,598 aangenomen kunnen worden; dit leidt tot de vergelijking (3.8).

$$G = \frac{384}{1,28 \times N + 142} = \frac{384}{270 - 1,23 \times a} \quad (3.8)$$

waarin: G [-] = soortelijke massa
 N [%] = gloeiverlies
 a [%] = asgehalte

Het gloeiverlies kan worden bepaald door verassing bij 550 °C gedurende 5 uur, zoals beschreven in paragraaf 3.5.5.

3.5.7.3 Alternatieve methode

Wanneer het gewenst is, de soortelijke massa met grotere nauwkeurigheid te bepalen, kan de pycnometermethode worden gebruikt. Bij deze bepaling dient echter grote aandacht te worden besteed aan de volledige ontluchting van het monster. Om deze reden is in appendix C een uitvoerige beschrijving van de proefprocedure gegeven, die is geënt op de procedure volgens BS 1377-75 [El-Amir 1989].

Bij voorkeur dient de bepaling te gebeuren met hexaan; dit heeft betere bevochtigende eigenschappen dan water en is minder schadelijk voor de gezondheid dan het veel toegepaste toluen.

Ter bepaling van de soortelijke massa dient minimaal een monstervolume van 75 cm³ natuurlijk materiaal te worden gebruikt; dit monster dient bij voorkeur te worden verkregen zoals beschreven in paragraaf 3.4.

3.5.7.4 Ontraden methode

De onderdompelmethode in kerosine, zoals beschreven in het Peat Testing Manual [Raymond e.a. 1979], paragraaf 2.3.3, is onnauwkeurig en wordt ontraden als alternatief voor de standaard pycnometerbepaling.

3.5.8 Vezelgehalte en gehalte aan fijne en grove vezels

3.5.8.1 Inleiding

Zoals beschreven in hoofdstuk 2.2, zijn de plantevezels in veen en organische gronden van grote invloed op het mechanisch gedrag. Het is dus van belang om in de classificatie aandacht te besteden aan de hoeveelheid vezels. Daarnaast is de lengte van de vezels van groot belang voor het mechanisch gedrag.

3.5.8.2 Aanbevolen methode

In het veld kan een globale schatting worden gemaakt van het gehalte aan fijne en grove vezels. Onder fijne vezels worden verstaan alle vezels met een lengte kleiner dan 1 mm. In de Nederlandse venen zullen de fijne vezels vooral bestaan uit resten van bladeren van allerlei planten en mossen.

Onder grove vezels worden verstaan alle vezels met een diameter groter dan 1 mm. Stukken hout worden niet meegeteld voor de bepaling van de grove vezels. In de Nederlandse venen zullen de meeste grove vezels bestaan uit resten van rietstengels, rietbladeren, zeggestengels, takjes van struiken, bomen en heide en wortels.

Voor de schatting van het gehalte aan fijne en grove vezels is enige ervaring noodzakelijk. Als hulpmiddel kunnen vergelijkingskaarten worden gebruikt; deze zijn gegeven in appendix E.

Het gehalte aan fijne vezels kan worden omschreven als in tabel 3.6, waarbij tevens het massapercentage in de laboratoriumbepaling is gegeven. Niet alle fijne vezels zijn visueel waarneembaar. Vandaar dat de massapercentages die volgen uit de laboratoriumbepaling (appendix D) in tabel 3.6 verschillen van de visueel waar te nemen percentages aan het oppervlak van een monster.

Het gehalte aan grove vezels kan worden omschreven als in tabel 3.7, waarbij eveneens het massapercentage in de laboratoriumbepaling is gegeven. De grove vezels zijn wel nagenoeg alle waarneembaar.

massapercentage < 0,25 mm uit laboratoriumbepaling	visuele bepaling aan de hand van de vergelijingskaarten	omschrijvende term
%		
< 30	< 5	geen fijne vezels
30 - 60	5 - 15	weinig fijne vezels
60 - 80	15 - 30	veel fijne vezels
> 80	> 30	zeer veel fijne vezels

Tabel 3.6 Gehalte aan fijne vezels

massapercentage > 1,0 mm uit laboratoriumbepaling	visuele bepaling aan de hand van de vergelijingskaarten	omschrijvende term
%		
< 5	< 5	geen grove vezels
5 - 15	5 - 15	weinig grove vezels
15 - 30	15 - 30	veel grove vezels
> 30	> 30	zeer veel grove vezels

Tabel 3.7 Gehalte aan grove vezels

Naast het gehalte aan vezels kunnen aanvullende termen worden gebruikt om het karakter van de vezels te beschrijven:

- aard: bladeren, stengels, wortels
- botanische herkomst
- gemiddelde oriëntatie: horizontale, verticale, andere, willekeurige of onduidelijke voorkeursrichting
- vorm: recht, vertakt
- lengte/breedte verhouding

3.5.8.3 Alternatieve methode

De bepaling van het gehalte fijne en grove vezels in het laboratorium is omslachtig. Aanbevolen wordt deze methode slechts toe te passen indien de visuele methode uit de vorige paragraaf geen uitkomst biedt of indien een exacte bepaling van de vezelgrootteverdeling vereist is.

Het vezelgehalte wordt in het laboratorium bepaald door een natte zeving; hierbij wordt een vezelgrootte curve verkregen, die is te vergelijken met een korrelgrootteverdeling. Vóór de zeving wordt het materiaal losgemaakt door het te weken in een natrium-pyrofosfaat oplossing en door wrijven onder lichte vingerdruk. Het weken in pyrofosfaat en het wrijven hebben tot gevolg dat alleen tamelijk onverweerde vezels intact blijven en meetellen in de vezelgrootte verdeling. Verweerde vezels, die ook niet bijdragen aan de mechanische sterkte van het materiaal, dragen dus ook niet bij aan de vezelgrootte verdeling.

Uit de vezelgrootte verdeling kan tevens het "Rubbed Fiber Content" (Peat Testing Manual, [Raymond e.a. 1979], paragraaf 2.2) worden afgeleid; dit is gedefinieerd als het massapercentage vezels groter dan 0,150 mm.

De methode ter bepaling van de vezelgrootteverdeling en het "Rubbed Fiber Content" is beschreven in appendix D.

Uit analyse van de zeeffracties is gebleken dat de "vezelgrootte" in de zeving wordt gedomineerd door de diameter van de vezels; dit wil zeggen dat de vezels rechtstandig door de zeefopeningen worden gedwongen. Derhalve wordt het aanbevolen na de zeving met een loep de diameter/lengte verhouding van de vezels in de verschillende fracties vast te stellen.

3.5.9 Gehalte aan hout

3.5.9.1 Inleiding

Het gehalte aan hout is als classificatieparameter alleen van belang als beschrijvende term voor de totale veenlaag, waaruit monsters worden geselecteerd. Bij de selectie van monsters voor laboratoriumonderzoek zal bijna altijd worden getracht veen met stukken hout te vermijden, om homogene monsters te verkrijgen. Het gehalte aan hout heeft dus verder geen relatie met de eigenschappen van het veen, dat wordt beproefd in het laboratoriumonderzoek.

3.5.9.2 Aanbevolen methode

Het wordt aanbevolen het gehalte aan hout en takjes te schatten aan de hand van het relatieve oppervlak dat in een representatieve doorsnede door een monster door hout wordt ingenomen. Onder hout wordt verstaan alle houtachtige plantenresten groter dan 10 mm.

Beschrijving van het gehalte hout dient bij voorkeur te gebeuren aan de hele boring en niet aan individuele monsters, omdat deze vaak zijn geselecteerd om geen hout te bevatten.

Voor de beschrijving van het gehalte aan hout op basis van het relatieve oppervlak kunnen de termen uit tabel 3.8 worden gebruikt.

relatief oppervlak	omschrijvende term
%	
< 5	geen hout of takjes
5 - 15	weinig hout of takjes
15 - 30	veel hout of takjes
> 30	zeer veel hout of takjes

Tabel 3.8 Gehalte aan hout

3.5.10 Krimp

3.5.10.1 Inleiding

De krimp van de normale Nederlandse gronden houdt sterk verband met het gehalte aan kleimineralen. De krimp is vooral van belang wanneer het materiaal in de toepassing zal worden blootgesteld aan de lucht, zoals bij polderpeilverlaging of bij gebruik als bekledingsmateriaal. De krimp van organische gronden kan eveneens aanzienlijk zijn; bovendien is een groot deel van de krimp vaak irreversibel van karakter. Zo worden balen gedroogd veen gebruikt als licht ophoogmateriaal voor toepassing onder de grondwaterspiegel. Naast krimp door uitdroging speelt bij gronden met een hoog gehalte organische stof ook krimp door verwerking een rol; deze krimp wordt hier echter buiten beschouwing gelaten. Krimp door uitdroging is van belang bij polderpeilverlagingen [Schothorst 1978].

Voor classificatiedoeleinden is echter niet zozeer de hoeveelheid krimp van belang, als wel de verhouding van de krimp in verschillende richtingen. Het blijkt dat vezels in dwarsrichting het meeste krimpen; omdat de voorkeursrichting van de vezels in veen in het algemeen horizontaal is zal een monster het meeste krimpen in verticale richting. De verhouding tussen verticale en horizontale krimp wordt dus bepaald door de hoeveelheid en oriëntatie van de vezels. Omdat deze beide parameters tevens bepalend zijn voor de sterkte in verschillende richtingen, is de meting van de verticale en horizontale krimp een nuttige classificatie-eigenschap.

3.5.10.2 Aanbevolen methode

Voor de bepaling van de horizontale en verticale krimp wordt aanbevolen de methode te gebruiken, die is beschreven in appendix ? [den Haan 1989a].

Voor deze methode wordt een regelmatig gevormd monster gebruikt, met ongeveer gelijke afmetingen in horizontale en verticale richting.

3.5.10.3 Alternatieve methode

Wanneer alleen de lengtekrimp van veen van belang is, kan de bepaling plaatsvinden volgens BS 1377, paragraaf 2.5, waarbij de monsterdiameter minimaal 50 mm dient te bedragen, in plaats van de vermelde 25 mm.

3.5.10.4 Ontraden methode

Bepaling van de krimpgrens volgens ASTM D-427-83 wordt ontraden; deze bepaling is alleen van toepassing op materialen, die in volledig verzadigde toestand kunnen worden gebracht.

3.5.11 Overige volumetrische parameters

3.5.11.1 Aanbevolen methode

Het is mogelijk bepaalde volumetrische parameters, zoals poriëngetal, verzadigingsgraad en gasgehalte te berekenen uit de classificatieparameters die zijn genoemd in de voorgaande hoofdstukken. Voor bepaling van deze eigenschappen wordt aanbevolen gloeiverlies, volumegewicht in natuurlijke toestand en watergehalte te meten.

Uit het gloeiverlies wordt de soortelijke massa berekend volgens vergelijking (3.7) in paragraaf 3.5.7. Berekening van de overige parameters gebeurt door substitutie in de volgende vergelijkingen.

$$e = \frac{G \times \gamma_w}{\gamma_{nat}} \times \left(1 + \frac{w}{100}\right) - 1 \quad (3.9)$$

$$S = \frac{w \times G}{e} \quad (3.10)$$

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad (3.11)$$

$$\gamma_{dr} = \frac{\gamma_{nat}}{1 + \frac{w}{100}} \quad (3.12)$$

$$V_s = (1 - n) \times 100\% \quad (3.13)$$

$$V_w = S \times n \quad (3.14)$$

$$V_g = (100 - S) \times n \quad (3.15)$$

waarin:	e	[-]	= poriëngetal
	n	[-]	= porositeit
	G	[-]	= soortelijke massa
	w	[%]	= watergehalte
	S	[%]	= verzadigingsgraad
	γ_w	[kN/m ³]	= volumegewicht van water = 9,81 kN/m ³
	γ_{nat}	[kN/m ³]	= volumegewicht in natuurlijke toestand
	γ_{dr}	[kN/m ³]	= droog volumegewicht
	V_s	[%]	= volume fractie vaste stof
	V_w	[%]	= volume fractie water
	V_g	[%]	= volume fractie gas

Hoewel niet gebruikelijk in Nederland, verdient het gebruik van het poriëngetal de voorkeur boven de porositeit, omdat veranderingen in de verhouding vaste stof/poriën het meest duidelijk worden weergegeven door het poriëngetal. Dit wordt geïllustreerd door het volgende getallenvoorbeeld, dat typisch is voor veen: wanneer het poriëngetal afneemt van 10 naar 8 (afname -20%), neemt de porositeit slechts af van 0,909 naar 0,889 (afname -2,2%).

3.5.11.2 Ontraden methode

Berekening van de volumetrische parameters uit alleen het gloeiverlies en het volumegewicht in natuurlijke toestand, waarbij de verzadigingsgraad wordt geschat, wordt ontraden.

3.5.12 Atterbergse grenzen

3.5.12.1 Bestaande methoden

Wat betreft de Atterbergse grenzen zijn geen speciale methoden bekend voor veen en organische gronden. De bepaling van de vloeigrens in vezelhoudend materiaal is moeilijk of onmogelijk. Aan de resultaten van de bepaling dient weinig waarde te worden toegekend.

De bepaling van de uitrolgrens is onmogelijk en wordt ontraden.

3.5.12.2 Aanbevolen methode

Het wordt aanbevolen voorafgaand aan de bepaling van de vloeigrens eerst de verweringsgraad volgens von Post vast te stellen, zoals beschreven in paragraaf 3.5.3. Wanneer is vastgesteld, dat de verweringsgraad hoger dan 6 is, kan worden getracht de vloeigrens te bepalen. De bepaling dient te worden uitgevoerd in het valconusapparaat volgens BS 1377 [BS 1990], paragraaf 2.2.1, test 2A.

Eerst dienen met een pincet alle houtfragmenten en grove vezels, groter dan 425 μm , te worden verwijderd. Het water dat tijdens de proef wordt toegevoegd, dient zo mogelijk afkomstig te zijn uit naburige monsters.

3.5.12.3 Ontraden methoden

Bepaling van de vloeigrens in de Casagrande-cup of bepaling van de uitrolgrens wordt ontraden.

3.5.13 Codering van de classificatieparameters voor verkorte beschrijving

3.5.13.1 Inleiding

Wanneer een materiaal is geclassificeerd, is het mogelijk de resultaten van de classificatieproeven verkort weer te geven door middel van een codering. Hiertoe wordt in de literatuur vaak een systeem gebruikt, dat is voorgesteld door [von Post 1922], en aangepast door [Landva, Pheeney 1980] en [Hobbs 1986].

3.5.13.2 Aanbevolen methode

Het coderingssysteem bestaat uit de volgende componenten:

- botanische samenstelling
- verweringsgraad
- watergehalte
- gehalte aan fijne vezels
- gehalte aan grove vezels
- gehalte aan hout
- asgehalte
- treksterkte in horizontale en verticale richting.

De codering is gegeven in appendix G.

HOOFDSTUK 4

Bepaling van de geotechnische eigenschappen van veen

4.1 Samendrukkingseigenschappen

4.1.1 Te gebruiken proefmethoden

Ten behoeve van de Nederlandse adviespraktijk wordt uitsluitend gebruik gemaakt van de samendrukkingproef ter bepaling van samendrukkingseigenschappen. Daarnaast bestaat een methode om de samendrukking van veen te correleren aan classificatieparameters [Fokkens 1970], [den Haan 1987a]; deze methode wordt nader behandeld in paragraaf 5.2.

De in de samendrukkingproef gemeten zettingen van het monster kunnen op verschillende manieren geïnterpreteerd worden:

- conform [NNI 1991b]: berekeningen van de samendrukking waarbij gebruik gemaakt wordt van de samendrukkingindices C_c en C_α
- volgens Buisman-Koppejan [NNI 1991b]: dit is de interpretatie van de samendrukkingproef
- volgens [den Haan 1991], [den Haan 1992a] en [Heemstra 1994]: de a-b-c-d-methode. Deze methode beschrijft het gedrag van veen bij grote samendrukkingen beter dan de methode volgens Koppejan-Buisman.

4.1.2 Beschrijving proefprocedure

Voor de proefprocedure ter bepaling van de samendrukkingseigenschappen wordt verwezen naar [NNI 1991b].

In paragraaf 9.3.4 van [NNI 1991b] wordt aangegeven dat de spanning op het monster trapsgewijs met een factor tussen 1 en 2 dient te worden verhoogd. Indien de consolidatiecoëfficiënt (c_v) bepaald dient te worden, wordt aanbevolen de spanning op het monster met een factor van tenminste 2 te verhogen.

In paragraaf 9.3.5 van [NNI 1991b] wordt globaal aangegeven op welke tijdstippen de samendrukking van het monster geregistreerd dient te worden. Het exacte tijdstip van de registratie dient te worden vermeld bij de registratie van de samendrukking.

4.2 Sterkte-eigenschappen

4.2.1 Te gebruiken proefmethoden

Voor het bepalen van de effectieve cohesie (c') en de effectieve hoek van inwendige wrijving (φ') en de ongedraineerde schuifsterkte (c_u) zijn een aantal proefmethoden beschikbaar:

- celproef
- CU-triaxiaalproef
- CD-triaxiaalproef
- direct shearproef
- simple shearproef.

De celproef is een methode die op termijn vervangen wordt door de triaxiaalproef en wordt hier niet verder behandeld. De celproef is enigszins vergelijkbaar met de meertraps CD-triaxiaalproef; waarbij de celproef belastingsgestuurd is en de CD-triaxiaalproef vervormingsgestuurd.

Over het algemeen wordt in Nederland geadviseerd op basis van de resultaten van CU-triaxiaalproeven. Zoals uiteengezet in paragraaf 2.2.4. is deze proef voor veen met een volumegewicht kleiner dan 11 kN/m^3 niet geschikt. In plaats daarvan dienen simple shearproeven of een combinatie van simple shear- en CD-triaxiaalproeven te worden gebruikt.

De direct shearproef ('schuifproef') is een simpele laboratoriumproef. Deze beproevingsmethode wordt echter niet aanbevolen doordat:

- de spanningstoestand inhomogeen is in het monster
- de wijze van drainage in het monster onduidelijk is
- een bezwijkvlak opgelegd wordt
- naast afschuiving ook dilatantie optreedt.

Omdat de direct shearproef niet wordt aanbevolen, wordt deze niet nader behandeld.

4.2.2 CU-triaxiaalproef

Met behulp van de CU-triaxiaalproef kunnen de ongedraineerde schuifsterkte (f_{undr} of c_u of s_u), de effectieve cohesie (c') en de effectieve hoek van inwendige wrijving (φ') worden bepaald conform de beproevingsprocedure, zoals deze is beschreven in [NNI 1991a].

4.2.3 CD-triaxiaalproef

Met behulp van de CD-triaxiaalproef kunnen de effectieve cohesie (c') en de effectieve hoek van inwendige wrijving (ϕ') worden bepaald conform de beproevingsprocedure, zoals deze is beschreven in [NNI 1991a].

4.2.4 Constant volume simple shearproef

De effectieve cohesie (c') en de effectieve hoek van inwendige wrijving (ϕ') kunnen worden bepaald aan de hand van de resultaten van 2 of meer simple shearproeven op deelmonsters uit 1 monster.

De simple shearproef op veen wordt in een aantal stappen uitgevoerd:

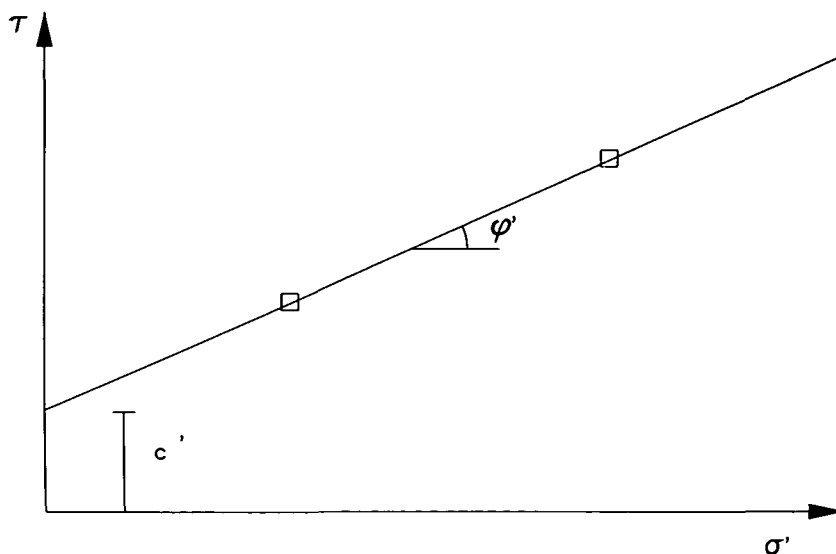
- 1) Neem een cilindrisch monster met een hoogte van tenminste 15 cm
- 2) Verdeel dit monster in tenminste 3 deelmonsters met een hoogte van ca 5 cm
- 3) Consolideer ieder deelmonster voor, bijvoorbeeld in een samendrukkingsapparaat, bij verschillende effectieve normaalspanningen (σ_e'). Bij het voorconsolideren van het deelmonster kan een samendrukking van meer dan 50% voorkomen; de verticale slag van een simple shearapparaat is hiertoe vaak niet toereikend. Daarnaast is de resterende hoogte van het deelmonster vaak onvoldoende voor een simple shearproef. Door nu een deelmonster met een hoogte van 2 à 3 maal de vereiste monsterhoogte voor het simple shearapparaat voor te consolideren in een samendrukkingsapparaat blijft voldoende monster over om de simple shearproef op uit te voeren
- 4) Trim ieder deelmonster op de vereiste hoogte voor het simple shearapparaat
- 5) Herconsolideer het deelmonster in het simple shearapparaat bij dezelfde effectieve normaalspanning als waaronder het monster is voorgeconsolideerd (σ_e'). Indien het simple shearapparaat dit toelaat kunnen stap 3) en 4) worden overgeslagen en kan het deelmonster direct in het simple shearapparaat worden geconsolideerd. Let erop dat na de consolidatie voldoende hoogte overblijft voor het uitvoeren van de proef (ca 20 mm)
- 6) Voer de proef uit als constant volumeproef conform de handleiding bij het simple shearapparaat (bijvoorbeeld [Geonor 1968]) met een afschuifsnellheid van 0,8 mm/uur
- 7) Bepaal de maximale schuifspanning tijdens de proef (τ_f) en de bijbehorende effectieve

normaalspanning (σ'_f)

- 8) Bepaal bij een schuifvervorming (γ) van 10% de schuifspanning ($\tau_{10\%}$) en de effectieve normaalspanning ($\sigma'_{10\%}$)

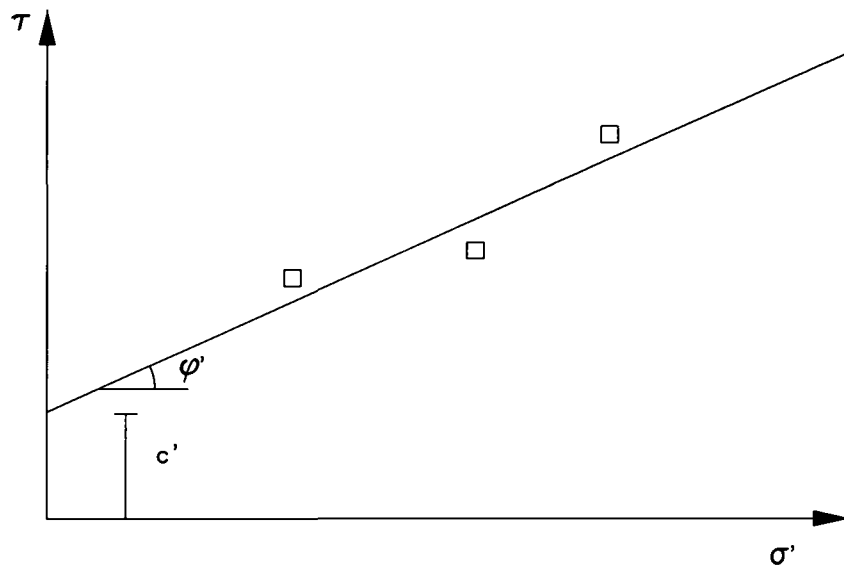
De effectieve cohesie (c') en de effectieve hoek van inwendige wrijving (φ') worden nu bepaald door de gevonden punten ($\sigma'_f - \tau_f$ of $\sigma'_{10\%} - \tau_{10\%}$) uit te zetten in een spanningsgrafiek.

Ingeval van resultaten van 2 simple shearproeven op deelmonsters wordt een lijn getrokken door deze punten (figuur 4.1). De effectieve cohesie (c'_f of $c'_{10\%}$) is nu de intersectie van deze lijn met de schuifspanningsas; de effectieve hoek van inwendige wrijving (φ'_f of $\varphi'_{10\%}$) is gelijk aan de hoek tussen deze lijn en de normaalspanningsas.



Figuur 4.1 c' en φ' uit 2 waarnemingen

Ingeval van resultaten van 3 of meer simple shearproeven op deelmonsters wordt een lijn bepaald door middel van het toepassen van lineaire regressie op deze punten (figuur 4.2). De effectieve cohesie (c'_f of $c'_{10\%}$) en de effectieve hoek van inwendige wrijving (φ'_f of $\varphi'_{10\%}$) worden nu op identieke wijze bepaald als bij 2 resultaten van simple shearproeven.



Figuur 4.2 c' en ϕ' uit 3 waarnemingen

Uit de proef kan ook de ongedraineerde schuifsterkte (f_{undr} of c_u of s_u) als functie van de consolidatiespanning (σ'_c) worden bepaald, respectievelijk bij bezwijken (τ_f) of bij een schuifvervorming van 10% ($\tau_{10\%}$).

HOOFDSTUK 5

Classificatie en geotechnische eigenschappen

5.1 Algemeen

Aangenomen wordt dat er relaties bestaan tussen classificatieparameters enerzijds en geotechnische eigenschappen anderzijds. Eén van de rekenmethoden die hiervan gebruik maakt is de correlatie tussen de verhouding watergehalte/gehalte organische stof en de samendrukking van veen volgens Fokkens. Deze methode wordt in paragraaf 5.2 behandeld.

In het kader van het voorbereidend onderzoek ten behoeve van het opstellen van dit technisch rapport is een studie uitgevoerd naar mogelijke verbanden tussen classificatieparameters en geotechnische eigenschappen; de resultaten van de correlatiestudie zijn gerapporteerd in [Blommaart 1994b]. In paragraaf 5.3 en 5.4 van dit rapport worden de conclusies van de correlatiestudie samengevat en aangevuld met bevindingen die gerapporteerd zijn in [CUR 1992].

5.2 Methode Fokkens

Fokkens heeft een theoretisch verband afgeleid tussen de logaritmische samendrukkingswet en de rijpingswet [Fokkens 1970]. Dit verband is weergegeven in vergelijking (5.1). Fokkens stelde dat dit verband geldig is voor effectieve normaalspanningen tussen circa 30 en 100 kN/m².

$$\frac{A}{H} = a - b \cdot \ln(p_m) \quad (5.1)$$

waarin: a, b = te bepalen constanten
 A [%] = watergehalte (meestal aangeduid met 'w')
 H [%] = organisch stofgehalte = 100% - asgehalte = 100 - 1,04 x (100 - N)
 N [%] = gloeiverlies
 p_m [kN/m²] = maximale effectieve spanning na aanbrengen van de belasting

Vervolgens heeft den Haan getracht dit verband te kwantificeren voor veen [den Haan 1989b] voor effectieve normaalspanningen tot 2.000 kN/m². Uit vergelijkend onderzoek bleek echter dat de theorie volgens Fokkens niet te fitten is op de proefresultaten.

In plaats van de door Fokkens voorgestelde relatie heeft den Haan een machtsrelatie opgesteld voor het verband tussen de verhouding watergehalte/gloeiverlies (w/N) en de maximale effectieve normaalspanning (p_m) en deze gefit op de proefresultaten [den Haan, El Amir 1993].

Gekozen is voor het gebruik van het gloeiverlies (N), aangezien dit een parameter is die rechtstreeks bepaald kan worden, terwijl het organisch stofgehalte (H) een afgeleide parameter is van het gloeiverlies (N).

De door den Haan gevonden relatie tussen de verhouding watergehalte/gloeiverlies (w/N) en de maximale effectieve normaalspanning (p_m) is weergegeven in de vergelijkingen (5.2) en (5.3): vergelijking (5.2) geeft het watergehalte bij een gegeven belasting (p_m) na 24 uur ($w_{24 \text{ hr}}$) en vergelijking (5.3) geeft het watergehalte bij dezelfde belasting (p_m) na 10^4 dagen ($w_{10^4 \text{ dg}}$).

$$\frac{w_{24 \text{ hr}}}{N} = 25,6 \times p_m^{-0.378} \quad (5.2)$$

$$\frac{w_{10^4 \text{ dg}}}{H} = 26,7 \times p_m^{-0.437} \quad (5.3)$$

De door den Haan gevonden relatie is getoetst in het kader van het onderzoek ter ondersteuning van het opstellen van dit technisch rapport [Blommaart 1994b]; de proefresultaten ondersteunen de machtsrelatie volgens vergelijkingen (5.2) en (5.3).

De samendrukking van de veenlaag wordt dan gegeven door vergelijking (5.4), waarbij wordt verondersteld dat het materiaal bij aanvang (nagenoeg) volledig is verzadigd.

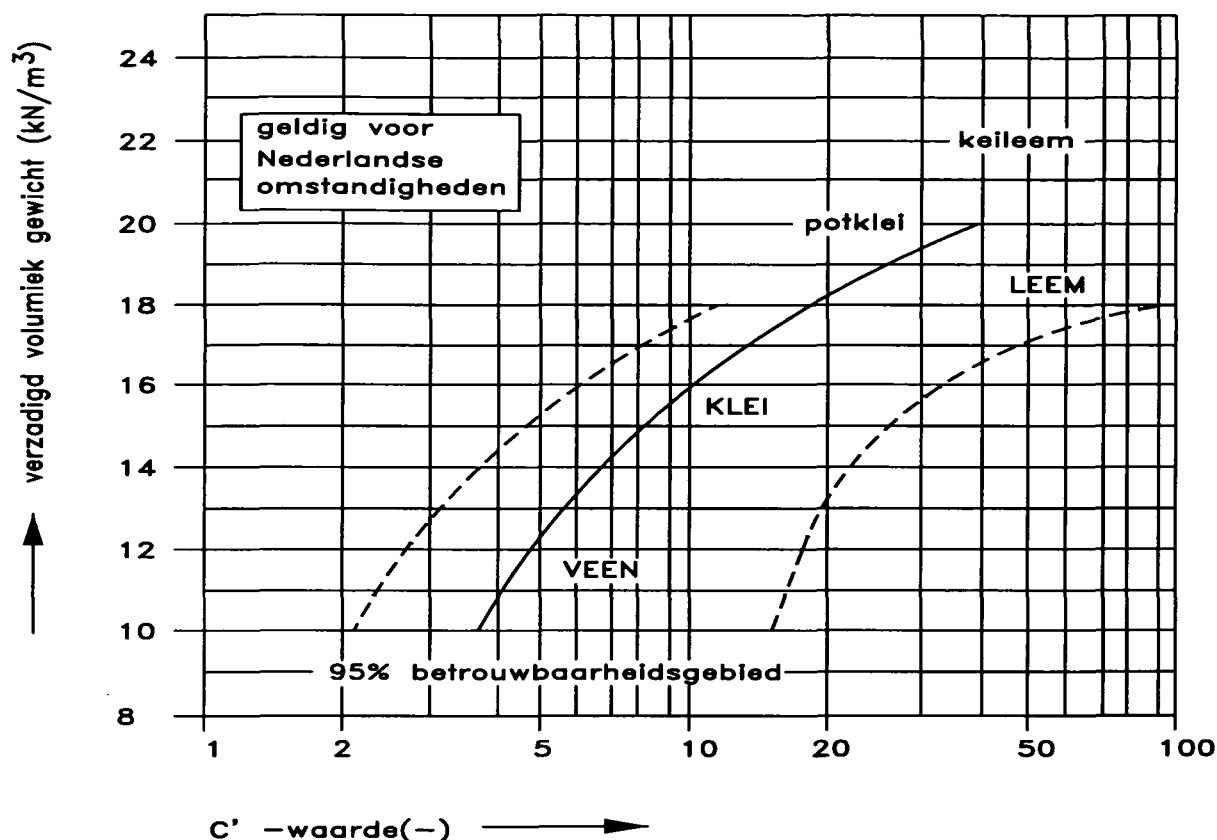
$$\frac{\Delta h}{h_0} = \frac{w - w_0}{\frac{100}{G} + w_0} \quad (5.4)$$

waarin: Δh [m] = samendrukking van de veenlaag
 h_0 [m] = dikte van de veenlaag bij de beginsituatie
 G [-] = soortelijke massa van het veen
 w [%] = watergehalte na 24 uur ($w_{24 \text{ hr}}$) of na 10₄ dagen ($w_{10^4 \text{ dg}}$)
 w_0 [%] = watergehalte in beginsituatie

De belasting p_m stelt steeds de maximale belasting van het korrelskelet voor. Bij ontlasting is de in deze paragraaf gegeven methode ter bepaling van zettingen niet van toepassing.

5.3 Correlatie tussen classificatieparameters en samendrukkings-eigenschappen

In [CUR 1992] is een verband aangegeven tussen de samendrukkingsconstante na de grensspanning volgens Koppejan (C') en het volumegewicht van verzadigde grond (γ_{sat}) en. Dit verband is tevens weergegeven in figuur 5.1



Figuur 5.1 Verband tussen de samendrukkingsconstante C' en het volumegewicht van verzadigde grond γ_{sat}

De verbanden uit [CUR 1992] tussen de samendrukkingsindices (C_c en C_u) en het poriëngetal (e) respectievelijk het watergehalte (w) zijn bepaald voor kleien en mogen dan ook niet toegepast worden voor veen.

5.4 Correlatie tussen classificatieparameters en sterkte-eigenschappen

Op basis van de uitgevoerde correlatiestudie [Blommaart 1994b] is het niet mogelijk veen in klassen onder te verdelen. Redenen hiervoor zijn het geringe aantal proefresultaten en de grote spreiding van die resultaten.

Op basis van alle beschikbare proefresultaten zijn representatieve waarden vastgesteld voor de sterkteparameters (c' , φ' , $c_{u,0}$, $dc_u / d\sigma'_c$).

In tabel 5.1 zijn de representatieve sterkteparameters weergegeven voor normaal geconsolideerd veen met een volumegewicht in natuurlijke toestand (γ_{nat}) kleiner dan of gelijk aan $11,0 \text{ kN/m}^3$ en een terreinspanning ($\sigma'_{v,0}$) kleiner dan of gelijk aan 25 kN/m^2 . De in tabel 5.1 gepresenteerde waarden zijn karakteristieke waarden van de sterkteparameters, bepaald bij 10% vervorming.

geldigheidsgebied: $\gamma_{nat} \leq 11,0 \text{ kN/m}^3$ $\sigma'_{v,0} \leq 25 \text{ kN/m}^2$	$\sigma': 30 - 120 \text{ kN/m}^2$		$\sigma': 45 - 180 \text{ kN/m}^2$	
	c'	φ	$c_{u,0}$	$\frac{dc_u}{d\sigma'_c}$
grondsoort	kN/m^2	$^\circ$	kN/m^2	--
veen	8,5	15,6	6,0	0,247

Tabel 5.1 Representatieve waarden voor de gedraineerde sterkteparameters van veen

De ongedraineerde schuifsterkte (C_u) wordt berekend volgens vergelijking (5.5).

$$c_u = c_{u,0} + \frac{dc_u}{d\sigma'_c} \times \sigma'_v \quad (5.6)$$

waarin: c_u [kN/m^2] = ongedraineerde schuifsterkte
 $c_{u,0}$ [kN/m^2] = ongedraineerde schuifsterkte bij een effectieve verticale spanning van 0 kN/m^2
 σ'_c [kN/m^2] = effectieve consolidatiespanning
 σ'_v [kN/m^2] = effectieve verticale spanning

Symbolen

<i>symbool</i>	<i>eenheid</i>	<i>betekenis</i>
A	[%]	= watergehalte (methode Fokkens)
A _{bv}	[%]	= oppervlak bladeren en vezels (botanische samenstelling)
C'	[-]	= samendrukkingsconstante voor effectieve spanningen groter dan de grensspanning
C _c	[-]	= primaire samendrukkingsindex
C _α	[-]	= secundaire samendrukkingsindex
F	[%]	= gehalte aan fijne vezels
G	[-]	= soortelijke massa
G _{an}	[-]	= soortelijke massa van het anorganisch materiaal
G _{org}	[-]	= soortelijke massa van het organisch materiaal
H	[%]	= organisch stofgehalte (methode Fokkens)
H	[-]	= von Post verweringsgraad
N	[%]	= gloeiverlies
PVI	[-]	= pyrofosfaatverweringsindex
R	[%]	= gehalte aan grove vezels
RFC	[%]	= gewreven vezelgehalte (rubbed Fiber Content)
S	[-]	= verzadigingsgraad
V	[%]	= volumefractie
V	[m ³]	= volume
V _g	[%]	= volumefractie gas
V _{pyc}	[m ³]	= volume pycnometer
V _s	[%]	= volumefractie vaste stof
V _w	[%]	= volumefractie water
W	[%]	= gehalte aan hout
a	[%]	= asgehalte
c'	[kN/m ²]	= effectieve cohesie
c' _f	[kN/m ²]	= effectieve cohesie bij bezwijken
c' _{10%}	[kN/m ²]	= effectieve cohesie bij 10% vervorming
c' _u	[kN/m ²]	= ongedraineerde schuifsterkte
c' _{u:0}	[kN/m ²]	= ongedraineerde schuifsterkte bij een effectieve verticale spanning van 0 kN/m ²
c _v	[m ² /s]	= consolidatiecoëfficiënt
e	[-]	= poriëngetal

f_{undr}	[kN/m ²]	= ongedraineerde schuifsterkte
g	[m ² /s]	= zwaartekrachtversnelling = 9,81 m ² /s
h	[m]	= laagdikte of monsterhoogte
h_o	[m]	= laagdikte bij de beginsituatie; monsterhoogte voor de proef
m	[gram]	= massa
m_{monster}	[gram]	= massa van het monster
n	[-]	= porositeit
p_m	[kN/m ²]	= maximale effectieve normaalspanning (methode Fokkens)
s_u	[kN/m ²]	= ongedraineerde schuifsterkte
w	[%]	= watergehalte
w_o	[%]	= watergehalte bij de beginsituatie voor de proef
$w_{24\text{hr}}$	[%]	= watergehalte na 24 uur
$w_{10^4\text{dg}}$	[%]	= watergehalte na 10 dagen
Δh	[m]	= samendrukking grondlaag of monster
γ	[kN/m ³]	= volumegewicht
γ	[%]	= schuifvervorming
γ_{dr}	[kN/m ³]	= droog volumegewicht
γ_{drm}	[kN/m ³]	= volumegewicht van het gedroogd materiaal
γ_{nat}	[kN/m ³]	= volumegewicht in natuurlijke toestand
γ_{sat}	[kN/m ³]	= volumegewicht van volledig verzadigd materiaal
γ_w	[kN/m ³]	= volumegewicht van water
ϕ'	[°]	= effectieve hoek van inwendige wrijving
ϕ'_f	[°]	= effectieve hoek van inwendige wrijving bij bezwijken
$\phi'_{10\%}$	[°]	= effectieve hoek van inwendige wrijving bij 10% vervorming
σ'	[kN/m ²]	= effectieve normaalspanning
σ'_c	[kN/m ²]	= effectieve consolidatiespanning
σ'_f	[kN/m ²]	= effectieve normaalspanning bij bezwijken
σ'_v	[kN/m ²]	= effectieve verticale spanning
$\sigma'_{v:0}$	[kN/m ²]	= effectieve terrein spanning
σ'_1	[kN/m ²]	= grootste effectieve hoofdspanning
σ'_3	[kN/m ²]	= kleinste effectieve hoofdspanning
$\sigma'_{10\%}$	[kN/m ²]	= effectieve normaalspanning bij 10% vervorming
τ	[kN/m ²]	= schuifspanning
τ_f	[kN/m ²]	= schuifspanning bij bezwijken
$\tau_{10\%}$	[kN/m ²]	= schuifspanning bij 10% vervorming

Literatuur

[Allison e.a. 1965]

L.E. Allison e.a.

Organic carbon

Methods of soil analysis, C.A. Black ed., Ed. Agronomy, no. 9, Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, vol. 2, pp. 1367-1378

[Andrejko e.a. 1983]

M.J. Andrejko e.a.

Comparison of ashing techniques for determination of the inorganic content of peats

Testing of peats and organic soils, ASTM STP 820, P.M. Jarrett, Ed., American Society for Testing Materials, pp. 5-20

[ASTM 1993]

American Society for Testing of Materials

Annual book of ASTM standards

Soil and rock, building stones, geotextiles, vol. 04.08, American Society for Testing Materials, Philadelphia

[Blommaart 1994a]

P.J.L. Blommaart

Standaard proevenserie op veen: proefresultaten

Grondmechanica Delft, rapport CO-341820/18, juni 1994

[Blommaart 1994b]

P.J.L. Blommaart

Standaard proevenserie op veen: correlatiestudie

Grondmechanica Delft, rapport CO-341820/23, juni 1994

[BS 1990]

British Standard Institute

Methods of test for soils for civil engineering purposes BS 1377

British Standard Institute, London

[CUR 1992]

Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving, onderzoekscommissie C 68
Construeren met grond, grondconstructies op en in weinig draagkrachtige en sterk
samendrukbare grond
Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving, publicatie 162, november 1992

[Demars e.a. 1983]

K.R. Demars e.a.
The rapid carbon analyzer
Geotechnical Testing Journal, volume 6, no. 1, pp. 30-34

[DIN 1976, 1987]

Deutsches Institut für Normung e.V.
DIN 18122: Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen)
Beuth Verlag GMBH, Berlin

[DIN 1976, 1989]

Deutsches Institut für Normung e.V.
DIN 18121: Baugrund; Untersuchung von Bodenproben, Wassergehalt
Beuth Verlag GMBH, Berlin

[DIN 1989]

Deutsches Institut für Normung e.V.
DIN 18124: Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Korndichte;
Kapillarpyknometer; Weithalspyknometer
Beuth Verlag GMBH, Berlin

[DIN 1990]

Deutsches Institut für Normung e.V.
DIN 18128: Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Glühverlusts
Beuth Verlag GMBH, Berlin

[El-Amir 1989]

L.S.F. El-Amir
The compressibility characteristics of organic soils M. Sc. thesis report
IHE, Delft

[Fokkens 1970]

B. Fokkens

Berekening van de samendrukking van veenlagen uit het gehalte aan organische stof en water
De Ingenieur, Bouw- en Waterbouwkunde 3, 27 maart, B23-B28

[Geonor 1968]

Geonor ^{A/S}

Description and instruction for use of direct simple shear apparatus, model h-12

Geonor ^{A/S}, Oslo, Norway, august 1968

[van der Graaf 1989]

H.J. van der Graaf

Fabricage van kunstveen

Grondmechanica Delft, rapport CO-305867/4, juli 1989

[den Haan 1987a]

E.J. den Haan

Veen: een grondmechanisch probleem rapport van literatuurstudie

Grondmechanica Delft, rapport CO-416731/24

[den Haan 1987b]

E.J. den Haan

Het simple shear apparaat, overzicht literatuur - interpretatie resultaten - verbeteringen GD-
apparaat - pilot proeven

Grondmechanica Delft, rapport SE-690477/1, december 1987

[den Haan 1989a]

E.J. den Haan

Krimpproeven op veen

Grondmechanica Delft, rapport CO-290341/39

[den Haan 1989b]

E.J. den Haan

Samendrukbaarheid en andere eigenschappen van veen in een karakteristiek West-Nederlands
veenprofiel

Grondmechanica Delft, rapport CO-305862/3

[den Haan 1991]

E.J. den Haan

Machtsrelatie tussen spanning en soortelijk volume

Land + Water nr. 10, oktober 1991, pp 30-33

[den Haan 1992a]

E.J. den Haan

Nieuw a-b-c- vereenvoudigt berekening zetting

Land + Water nr. 3, maart 1992, pp 25-29

[den Haan 1992b]

E.J. den Haan

The formulation of virging compression of soils

Géotechnique 42, No. 3, pp 465-483

[den Haan, El Amir 1993]

E.J. den Haan (Grondmechanica Delft), L.S.F. El Amir (National Centre for Construction Laboratories, Baghdad, Iraq)

A simple formula for final settlement of surface loads on peat

Advances in understanding and modelling the mechanical behaviour of peat, E.J. den Haan, R.J. Termaat, T.B. Edil Eds., june 1994, pp 35-48

[Heemstra 1994]

J. Heemstra

Samendrukking, maar dan anders: de overeenkomsten tussen de methoden Koppejan en den Haan

Proceedings wegbouwkundige dagen 1994, CROW

[Hobbs 1986]

N.B. Hobbs

Mire morphology and the properties and behaviour of some British and foreign peats

Quart. Jnl. Engng. Geol., vol. 19, pp. 7-80

[Landva, Korpijaakko, Pheeny 1983]

A.O. Landva, E.O. Korpijaakko, P.E. Pheeny

Geotechnical classification of peats and organic soils

Testing of peats and organic soils, ASTM STP 820, P.M. Jarrett, Ed., American Society for Testing Materials, 37-51

[Landva, Pheeny 1980]

A.O. Landva, P.E. Pheeny

Peat fabric and structure

Can. Geotechn. Jnl., vol. 17, pp.416-435

[McFarlane 1969]

Muskeg subcomm. NRC assoc. comm. Geotechn. Res., I.C. McFarlane, ed

Muskeg Engineering Handboek

Univ. of Toronto Press

[McLean e.a. 1964]

A.J. McLean e.a.

Comparison of procedures for estimating exchange properties and availability of phosphorus and potassium in some eastern Canadian organic soils

Can. Jnl. Soil Sc., volume 44, pp. 66-75

[Nichols, Boelter 1984]

D.S. Nichols, D.H. Boelter

Fiber size distribution, bulk density, and ash content of peats in Minnesota, Wisconsin, and Michigan

Soil Sci. Soc. Am. 48:1320-1328

[NNI 1983]

Nederlands Normalisatie Instituut

NEN 6641: Slib - Bepaling van de som van de gehalten aan ammoniumstikstof en aan organisch gebonden stikstof volgens Kjeldal na mineralisatie met seleen

Nederlands Normalisatie Instituut, Delft

[NNI 1989a]

Nederlands Normalisatie Instituut

NEN 5104: Geotechniek, classificatie van onverharde grondmonsters

Nederlands Normalisatie Instituut, Delft

[NNI 1989b]

Nederlands Normalisatie Instituut

NEN 5750: Bodem - Bepaling van de pH in grondmonsters

Nederlands Normalisatie Instituut, Delft

[NNI 1991a]

Nederlands Normalisatie Instituut

NEN 5117: Geotechniek, bepaling van schuifweerstand- en vervormingsparameters van grond, triaxiaalproef

Nederlands Normalisatie Instituut, Delft

[NNI 1991b]

Nederlands Normalisatie Instituut

NEN 5118: Geotechniek, bepaling van de een-dimensionale samendrukkings eigenschappen van de grond

Nederlands Normalisatie Instituut, Delft

[von Post 1922]

L. von Post

Sveriges Geologiska Undersöknings torvinventering och nogra av dess hittills vunna resultat (Peat inventory and some preliminary results)

Svenska Mosskulturforeningens Tidskrift, Jonkoping, vol. 36, pp. 1-37

[Radforth, Brawner 1977]

Muskeg subcomm. NRC assoc. comm. Geotechn. Res., N.W. Radforth & C.O. Brawner, eds.

Muskeg and the northern environment in Canada

Univ. of Toronto Press

[Raymond e.a. 1979]

Muskeg subcomm. NRC assoc. comm. Geotechn. Res., G.P. Raymond, J.H. Day, P.J. Rennie, W. Stanek, Eds.

Peat Testing Manual

NRC techn. memo. 125, National Research Council of Canada, Ottawa

[Schothorst 1978]

C.J. Schothorst

Het zakkings proces bij ontwatering van de westelijke veenweidegronden

PT-bouw, vol. 33, no. 6, pp. 347-355

[Sikder, 1994]

S.H. Sikder

Variability of geotechnical properties of Peat (Msc. Thesis)

I.T.C., Section of Engineering Geology, Delft

[Skempton, Petley 1970]

A.W. Skempton, D.J. Petley

Ignition loss and other properties of peats and clays from Avonmouth, King's Lynn and Cranberry Moss

Géotechnique, vol. 20, no. 4, pp. 343-356

[Stanek 1973]

W. Stanek

Comparison of four methods of pH determination for organic terrain surveys

Ca. Jnl. Soil Sc., volume 53, pp. 109-117

[Stanek, Silc 1977]

W. Stanek, T. Silc

Comparison of four methods for determination of the degree of peat humification (decomposition) with emphasis on the von Post method

Can. Jnl. Soil Sc. volume 57, pp. 109-117

[Venmans 1989]

A.A.M. Venmans

Classificatie van veen en organische gronden

Grondmechanica Delft, rapport CO-305863/6

[Venmans 1990]

A.A.M. Venmans

Geotechnische classificatie van veen en organische gronden

Grondmechanica Delft, rapport CO-305863/8

[Wardwell 1983]

R.E. Wardwell e.a.

Test method for determining the potential for decomposition in organic soils In: Testing of Peats and organic soils

ASTM STP 820, P.M. Jarrett, Ed., American Society for Testing Materials, pp. 218-229

APPENDICES

A Aanbevolen inhoud van een classificatie

A.1 Inleiding

De hoeveelheid monstermateriaal en de staat waarin het monster zich dient te bevinden wordt voorgeschreven door de te bepalen parameter en daarmee samenhangende proef. In tabel 3.1 wordt aangegeven, welke proeven vereist zijn voor bepaalde doeleinden.

A.2 Boorbeschrijving

De boorbeschrijving geeft een indeling in grondlagen, waarbij per grondlaag het hoofdbestanddeel en de bijbestanddelen worden gegeven.

De boorbeschrijving geschiedt in het algemeen aan intacte monsters; deze monsters zijn rechtstreeks afkomstig uit het boorapparaat en zijn cilindrisch van vorm met een lengte gelijk aan de monsterbus. De boorbeschrijving is een visuele bepaling waarbij de waarneming geschiedt aan het oppervlak van het intacte monster. Voor deze visuele bepaling is het soms echter nodig een deel van het monster uiteen te rafelen om de samenstellende componenten te kunnen onderscheiden.

De volgende onderdelen kunnen deel uitmaken van een boorbeschrijving:

- hoofdbenaming: conform paragraaf 3.5.1 en gebaseerd op een schatting van het gehalte aan organische bestanddelen
- botanische samenstelling: conform paragraaf 3.5.2
- verweringsgraad volgens von Post: conform paragraaf 3.5.3 en appendix B
- asgehalte: conform de veldmethode zoals beschreven in paragraaf 3.5.5
- gehalte aan fijne en grove vezels en bladeren: conform paragraaf 3.5.8
- gehalte aan hout en takjes: conform paragraaf 3.5.9

A.3 Keuze van sterkteproef

Onder een sterkteproef wordt een proef verstaan, waarvan uit de resultaten sterkteparameters afgeleid kunnen worden. Sterkteparameters zijn:

- effectieve cohesie (c')
- effectieve hoek van inwendige wrijving (ϕ')
- ongedraineerde schuifsterkte (c_u)

De verschillende sterkteproeven zijn beschreven in paragraaf 4.2.

Aan de hand van de boorbeschrijving (appendix A.2) en, indien bekend, de verdeling van het volumegegewicht in natuurlijke toestand (γ_{nat}) over de lengte van de boring kan een keuze gemaakt worden van te beproeven monsters. Bij de keuze van een monster moet erop gelet worden, dat zich geen grove delen als hout en takjes in het te beproeven monster bevinden, aangezien deze de resultaten van de sterkteproef sterk beïnvloeden.

Voor het vaststellen van de meest geschikte sterkteproef kan gebruik gemaakt worden van tabel 2.2. In dien de verdeling van het volumegegewicht in natuurlijke toestand (γ_{nat}) over de lengte van de boring niet bekend is, kan deze voor de grondlaag, waaruit het te beproeven monster genomen wordt, bepaald worden uit een monster met een volume van circa 100 à 150 cm³ (hoogte 3 à 5 cm bij een diameter van 66 mm) conform paragraaf 3.5.4.

Om meer inzicht te krijgen in de samenstelling van de grondlaag, waaruit het te beproeven monster wordt genomen, kunnen naast het volumegegewicht in natuurlijke toestand (γ_{nat}) de volgende classificatieparameters bepaald worden:

- botanische samenstelling
- gehalte aan fijne en grove vezels
- gehalte aan hout en takjes
- watergehalte (w)
- asgehalte (a)
- pyrofosfaatverweringsindex (PVI)
- krimp

Voor de bepaling van de hiervoor genoemde classificatieparameters wordt aanbevolen twee monsters (monster 1 en 2) met ieder een volume van circa 100 à 150 cm³ (hoogte van 3 à 5 cm bij een diameter van 66 mm) te gebruiken. De volgorde van de bepalingen is als volgt:

- 1) Bepaal van monster 1 visueel de botanische samenstelling conform paragraaf 3.5.2
- 2) Bepaal van monster 1 visueel het gehalte aan fijne en grove vezels conform paragraaf 3.5.8
- 3) Bepaal van monster 1 visueel het gehalte aan hout en takjes conform paragraaf 3.5.9
- 4) Bepaal van monster 1 het volumegegewicht in natuurlijke toestand (γ_{nat}) conform paragraaf 3.5.6
- 5) Bepaal van monster 1 het watergehalte (w) conform paragraaf 3.5.4
- 6) Maal het gedroogde monster 1 fijn en houdt circa 10 gram apart voor de bepaling van de pyrofosfaatverweringsindex (PVI)
- 7) Bepaal van het resterende deel van monster 1 het asgehalte (a) conform paragraaf 3.5.5
- 8) Bepaal van circa 10 gram van monster 1 de pyrofosfaatverweringsindex (PVI) conform paragraaf 3.5.3
- 9) Bepaal eventueel van monster 2 de krimp conform paragraaf 3.5.10 en appendix F.

Het bepalen van de hiervoor genoemde classificatieparameters leidt niet direct tot een afgewogen keuze van de sterkteproef, het leidt echter wel tot meer inzicht.

A.4 Vaststellen van samendrukkingseigenschappen uit correlaties met classificatieparameters

Voor zover correlaties zijn onderzocht tussen classificatieparameters en samendrukkingseigenschappen zijn deze opgenomen in [CUR 1992]. Uit tabel 3.1 valt af te lezen dat aanbevolen wordt de volgende classificatieparameters te bepalen:

- volumegewicht in natuurlijke toestand (γ_{nat})
- watergehalte (w)
- asgehalte (a)
- eventueel soortelijke massa

Voor de bepaling van de hiervoor genoemde classificatieparameters wordt aanbevolen een monster met een volume van circa 100 à 150 cm³ (hoogte van 3 à 5 cm bij een diameter van 66 mm) te gebruiken. De volgorde van de bepalingen is als volgt:

- 1) Bepaal het volumegewicht in natuurlijke toestand (γ_{nat}) conform paragraaf 3.5.6
- 2) Bepaal het watergehalte (w) conform paragraaf 3.5.4
- 3) Maal het gedroogde monster fijn en houdt eventueel circa 10 gram apart voor de bepaling van de soortelijke massa (G)
- 4) Bepaal van het resterende deel van het monster het asgehalte (a) conform paragraaf 3.5.5
- 5) Bepaal eventueel de soortelijke massa (G) conform paragraaf 3.5.7 op circa 10 gram van het gedroogde monstermateriaal.

De samendrukkingseigenschappen kunnen nu geschat worden aan de hand van de correlaties met de classificatieparameters zoals die zijn weergegeven in [CUR 1992].

A.5 Vaststellen van sterkte-eigenschappen uit correlaties met classificatieparameters

Voor zover correlaties zijn onderzocht tussen classificatieparameters en sterkte-eigenschappen zijn deze opgenomen in [CUR 1992]. Uit tabel 3.1 valt af te lezen dat aanbevolen wordt de volgende classificatieparameters te bepalen:

- gehalte aan fijne en grove vezels
- volumegewicht in natuurlijke toestand (γ_{nat})
- pyrofosfaatverweringsindex (PVI)
- eventuele krimp

Voor de bepaling van de hiervoor genoemde classificatieparameters wordt aanbevolen twee monsters (monster 1 en 2) met ieder een volume van circa 100 à 150 cm³ (hoogte van 3 à 5 cm bij een diameter van 66 mm) te gebruiken. De volgorde van de bepalingen is als volgt:

- 1) Bepaal van monster 1 visueel het gehalte aan fijne en grove vezels conform paragraaf 3.5.8
- 2) Bepaal van monster 1 het volumegewicht in natuurlijke toestand (γ_{nat}) conform paragraaf 3.5.6
- 3) Bepaal van circa 10 gram van monster 1 de pyrofosfaatverweringsindex (PVI) conform paragraaf 3.5.3
- 4) Bepaal eventueel van monster 2 de krimp conform paragraaf 3.5.10 en appendix F.

De sterkte-eigenschappen kunnen nu geschat worden aan de hand van de correlaties met de classificatieparameters zoals die zijn weergegeven in [CUR 1992]

B Verweringsgraad volgens von Post

De verweringsgraad volgens von Post is gegradueerd op een schaal van 1 tot 10. De verschillende verweringsgraden zijn omschreven in tabel B.2.

Von Post omschreef het verweerde organisch materiaal als "torv dy", dat vertaald kan worden als bagger of verslagen veen; d.w.z. een in het algemeen mineraalrijke sterk verweerde bodemafzetting in meertjes. In tabel B.2 is gebruik gemaakt van de term "bagger" om dit soort afzetting omschrijven.

In de praktijk blijkt een indeling van veen in verweringsgraden volgens von Post sterk subjectief te zijn. Om dit enigszins te ondervangen wordt een indeling in verweringsgraden in minder klassen voorgesteld. De voorgestelde indeling is weergegeven in tabel B.1.

von Post	gemodificeerde von Post verweringsgraad	omschrijving
$H_1 - H_2$	H'_1	(nagenoeg) onverweerd veen zonder bagger
$H_3 - H_4$	H'_2	licht verweerd veen dat enige bagger bevat
$H_5 - H_7$	H'_3	matig verweerd veen en veen met een aanzienlijk baggergehalte
$H_8 - H_{10}$	H'_4	sterk verweerd veen

Tabel B1 Gemodificeerde verweringsgraad volgens von Post

verweringsgraad	omschrijving
H ₁	compleet onverweerd veen zonder bagger; wanneer het veen in de handpalm samengeknepen wordt, treedt alleen kleurloos, helder water uit
H ₂	bijna geheel onverweerd veen zonder bagger; het uitgeperste water is bijna helder maar geel-bruin van kleur
H ₃	nauwelijks verweerd veen dat nauwelijks bagger bevat; het uitgeperste water is duidelijk troebel; er wordt geen vaste stof tussen de vingers door geperst; het residu is niet papperig
H ₄	licht verweerd veen en veen dat enige bagger bevat; het uitgeperste water is zeer troebel; het residu is enigszins papperig
H ₅	matig verweerd veen en veen met een aanzienlijk bagger gehalte; de plantedelen zijn herkenbaar maar niet duidelijk; Een deel van de vaste stof verdwijnt als dunne bagger tussen de vingers; het residu is sterk papperig
H ₆	matig verweerd veen en veen met een aanzienlijk bagger gehalte; de plantenresten zijn niet duidelijk; het residu is sterk papperig, maar de plantenresten zijn duidelijker dan in het ongeknepen veen
H ₇	sterk verweerd veen en veen met een aanzienlijk bagger gehalte; een groot deel van de plantenresten is nog herkenbaar; bij knijpen verdwijnt ongeveer de helft van het veen tussen de vingers door; als er water uittreedt is het papperig en erg donker van kleur
H ₈	sterk verweerd veen en veen met een aanzienlijk baggergehalte; de plantenresten zijn niet herkenbaar; bij knijpen treedt ongeveer twee derde van het veen tussen de vingers uit; het residu bestaat voornamelijk uit resistente wortelvezels
H ₉	zeer sterk verweerd veen en verslagen veen; er zijn nauwelijks plantedelen te herkennen; bijna al het veen verdwijnt bij het knijpen tussen de vingers door als homogene bagger
H ₁₀	compleet verweerd veen en bagger; er zijn geen plantedelen te herkennen; bij knijpen verdwijnt alle veen tussen de vingers door

Tabel B.2 Verweringsgraad volgens von Post

C Beschrijving van de bepaling van de soortelijke massa

Bron: [El-Amir, 1989]

Opmerking: in de beschreven methode wordt hexaan gebruikt in plaats van het veel toegepaste tolueen. Zowel tolueen als hexaan zijn schadelijk bij inademing; hexaan echter in mindere mate. De proef dient in een zuurkast te worden uitgevoerd.

C.1 Selectie van het monster

Benodigde hoeveelheid monster: ca 50 gram in natuurlijke toestand of circa 10 gram gedroogd materiaal. Het monster dient bij voorkeur te worden verkregen zoals beschreven in paragraaf 3.4 en appendix A.

C.2 Voorbereiding van de pycnometer

- 1) Neem een pycnometer van 50 ml of 100 ml inhoud, waarvan in de stop een thermometer is ingebouwd; het uiteinde van de thermometer bevindt zich op halve hoogte in de pycnometer.
- 2) Reinig de pycnometer eerst met water en zeep, vervolgens met ethanol en ether. Droog de pycnometer met perslucht.
- 3) Weeg de pycnometer op 0,0001 gram nauwkeurig (M1)
- 4) Vul de pycnometer met ontlucht hexaan (n-hexaan, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$, paraffine olie) en doe de stop op de pycnometer.
- 5) Stel de thermostaat van een bad met constante temperatuur in op dezelfde waarde als die waarop de pycnometer is geijkt. Plaats de pycnometer in het bad tot de aflezing van de thermometer hetzelfde is als de instelling van de badthermostaat.
- 6) Voeg zonodig met een injectiespuit hexaan toe tot het niveau van de vloeistof in de pycnometer op de merkstreep staat, zonder de pycnometer uit het bad te verwijderen.
- 7) Haal de pycnometer uit het bad en droog het geheel af met een schone doek; weeg de gevulde pycnometer op 0,0001 gram nauwkeurig (M4).
- 8) Maak de pycnometer leeg en reinig hem zoals beschreven onder punt C.2.1) en C.2.2).

C.3 Voorbereiding van het monster

Indien na bepaling van het watergehalte reeds gedroogd materiaal beschikbaar is, kunnen punt C.3.1) en C.3.2) worden overgeslagen.

- 1) Inspecteer het monster op de aanwezigheid van hout en delen groter dan 10 mm; verwijder deze indien aanwezig. Controleer of het monster voldoende homogeen is.
- 2) Droog het monster gedurende 24 uur bij 110 ± 5 °C volgens het voorschrift voor de bepaling van het watergehalte (paragraaf 3.5.4).
- 3) Maal het gedroogde monster fijn in een vijzel.
- 4) Droog het gedroogde en gemalen monster voor de pycnometerbepaling 24 uur in een exsiccator met watervrije silicagel.

C.4 Uitvoering van de proef

- 1) Haal het monster uit de exsiccator en breng het over in de lege en schone pycnometer; veeg de buitenkant van de pycnometer af met een schone doek; weeg het geheel op 0,0001 gram nauwkeurig (M2).
- 2) Voeg zoveel hexaan toe dat het monster net is bedekt. Doe de stop op de pycnometer en verbindt de buret met een vacuümpomp; voor dit doel kan geen waterstraalpomp worden gebruikt.
- 3) Voer het vacuüm langzaam op, maar niet verder dan een absolute druk van 16 cmHg (60 cmHg onderdruk ten opzichte van de atmosferische druk van 76 cmHg); hexaan kookt bij 22 °C bij een absolute druk van 12 cmHg tot 14 cmHg (onderdruk van 62 cmHg tot 64 cmHg ten opzichte van de atmosferische druk van 76 cmHg). Let op dat de lucht uit het monster langzaam ontsnapt, zodat geen suspensie verloren gaat door de buret. Houd het vacuüm zolang aan dat er geen luchtbelletjes meer uit het monster ontsnappen; dit duurt ongeveer 10 minuten. Het wordt afgeraden langer dan 10 tot 15 minuten te ontluchten omdat het gevaar bestaat dat te veel hexaan zal verdampen.

- 4) Maak de pycnometer los van de vacuümpomp, voeg ontlucht hexaan toe tot de merkstreep, doe de stop erop en plaats het geheel in het bad van constante temperatuur, dat is ingesteld op de temperatuur waarop de pycnometer is geijkt.
- 5) Wanneer de temperatuur van de vloeistof in de pycnometer dezelfde is als de temperatuur van het bad, wordt zonodig met een injectiespuit hexaan toegevoegd.
- 6) Droog de pycnometer voorzichtig af met een schone doek en weeg het geheel tot op 0,0001 gram nauwkeurig (M3).

C.5 Berekening van de soortelijke massa

Bereken de soortelijke massa van het monster volgens vergelijking (C.1).

$$G_{\text{monster}} = \frac{(M2 - M1)}{(M4 - M1) - (M3 - M2)} \times G_{\text{hexaan}} \quad (\text{C.1})$$

waarin:	G_{monster}	[-]	= soortelijke massa monster
	G_{hexaan}	[-]	= soortelijke massa hexaan
	M1	[g]	= massa van de pycnometer
	M2	[g]	= massa van de pycnometer en het droge monster
	M3	[g]	= massa van de pycnometer, gevuld met hexaan en het monster
	M4	[g]	= massa van de pycnometer, gevuld met enkel hexaan

De soortelijke massa van hexaan dient regelmatig gecontroleerd te worden, aangezien de hexaan door hergebruik verontreinigd kan raken. De soortelijke massa van hexaan kan worden berekend volgens vergelijking (C.2).

(C.2)

$$= 9,81 \text{ kN/m}^3$$

D Beschrijving van de bepaling van de vezelgrootte verdeling

D.1 Selectie van het monster

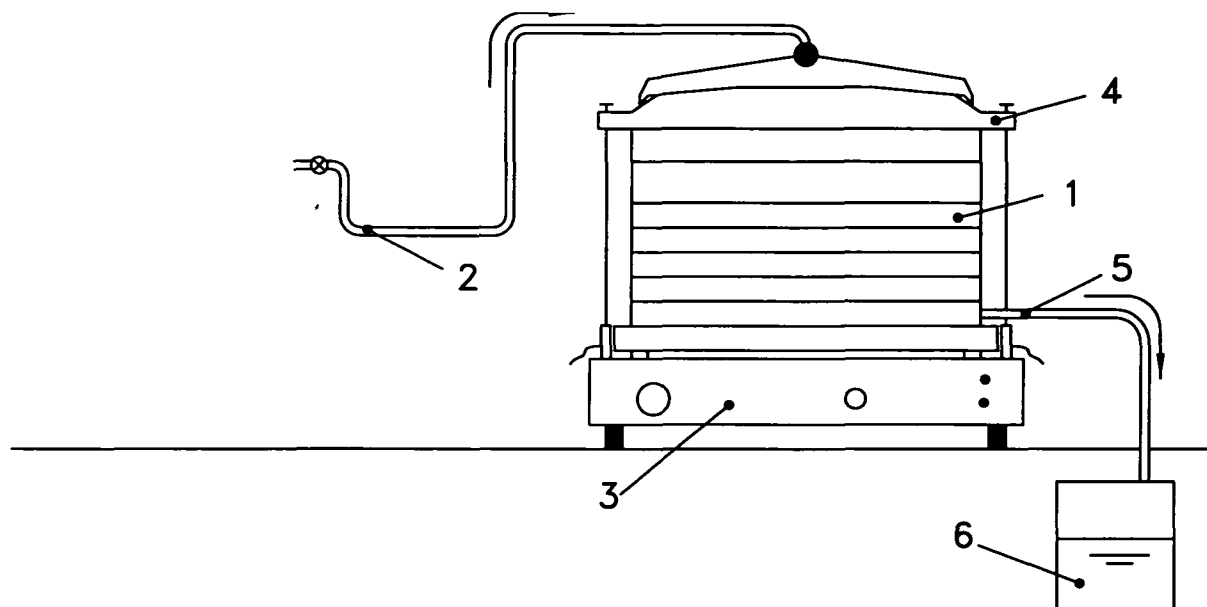
- 1) Benodigde hoeveelheid monster: ca 150 gram. Het monster dient bij voorkeur te worden verkregen zoals beschreven in paragraaf 3.4 en appendix A. Voor de bepaling van de vezelgrootte verdeling en het gewreven vezelgehalte is het essentieel dat het watergehalte en asgehalte van een naburig en vergelijkbaar monster bekend zijn.
- 2) Inspecteer het monster op de aanwezigheid van hout en delen groter dan 10 mm lengte; verwijder deze zonodig.

D.2 Het maken van de pyrofosfaatoplossing

- 1) Giet in een bekerglas 500 ml gedemineraliseerd water.
- 2) Weeg 2,00 gram pyrofosfaat af en voeg dit aan het gedemineraliseerde water toe.
- 3) Plaats het bekerglas in een ultrasoonbad en plaats in het bekerglas een elektrische roerder. Zet beide aan en roer gedurende 10 tot 15 minuten.

D.3 Voorbereiding van het monster

- 1) Weeg het veenmonster tot op 0,01 gram nauwkeurig (M1).
- 2) Voeg de pyrofosfaatoplossing aan het veenmonster toe en breek het veenmonster in kleine stukjes van ca. 0,5 cm³; probeer zo min mogelijk vezels door te scheuren. Wrijf nu de kleine stukjes veen ca 10 maal met lichte vingerdruk tussen duim en wijsvinger.
- 3) Laat het monster 22 tot 26 uur in de oplossing weken. Deze weektijd is kritisch omdat pyrofosfaat het veen aantast.
- 4) Zeef het monster in twee of drie keer; gebruik per zeving niet meer dan 50 gram materiaal.



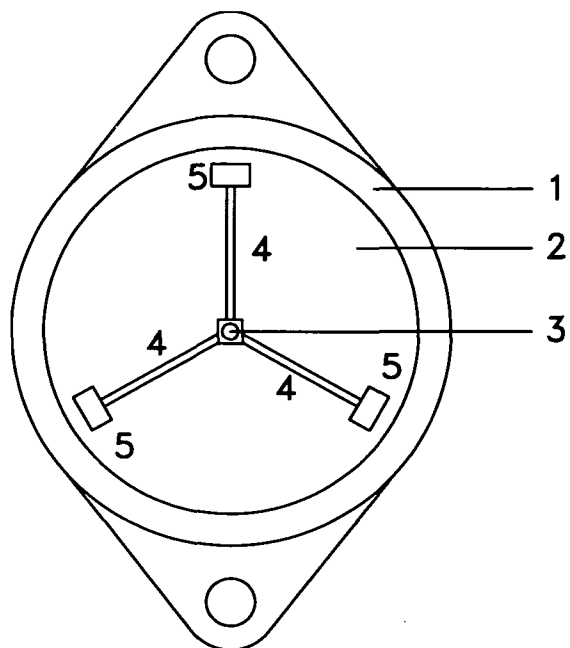
Figuur D.1 Schets van de proefopstelling ter bepaling van de vezellengteverdeling

Legenda bij figuur D.1

- 1 zevenserie
- 2 wateraanvoer
- 3 trilmachine
- 4 sproeikop
- 5 opvangvat
- 6 afvoerbodem

Legenda bij figuur D.2

- 1 buitenrand
- 2 perspex deksel
- 3 aansluiting wateraanvoer
- 4 verdeelbuisjes
- 5 sproeimonden



Figuur D.2 Schets van de bovenaanzicht van de sproeikop

D.4 Uitvoering van de zeping

- 1) Installeer het zeefapparaat met sproeikop en afvoerbak en controleer deze op de goede werking (zie figuur D.1 en D.2).
- 2) Controleer of de zeven (2,00/1,00/0,500/0,250/0,150/0,106 mm) niet verstopt zijn; verwijder eventueel korrels in de mazen. Bepaal het gewicht van de zeven op 0,01 gram nauwkeurig.
- 3) Zet zeven bakken klaar die groot genoeg zijn om de zeven in te zetten. Bepaal het gewicht van de bakken op 0,01 gram nauwkeurig.
- 4) Plaats de zeven één voor één op de afvoerbak die op het zeefapparaat staat. breng op elke zeef enkele druppels afwasmiddel aan voor een betere doorstroming. Zorg dat alle zeven goed aansluiten.
- 5) Giet het te zeven monster (of een deel hiervan) op de bovenste zeef; plaats nu de sproeikop op de bovenste zeef.
- 6) Draai de zijdelingse banden, die de zeven op zijn plaats houden strak aan.
- 7) Draai nu de kraan voor de watertoevoer geheel open en zet ook het zeefapparaat aan; let erop dat er geen scherpe knikken in de aanvoerslang zitten, zodat de watertoevoer zo ongestoord mogelijk verloopt. Controleer of het afvoervat correct is geplaatst; zorg ervoor dat het afvoervat altijd lager staat dan de afvoeropening in de zeefbodem.
- 8) Zeef gedurende 5 minuten, waarbij de amplitude van de trilling 1,5 mm bedraagt. Het kan nodig zijn de amplitude bij te stellen, naar gelang de hoeveelheid zeven op het apparaat.
- 9) Let tijdens de zeping op wanneer het afvoervat vol is; let ook op dat een constante hoeveelheid spoelwater wordt afgevoerd. Is dit niet het geval dan zijn de zeven dichtgeraakt of er is te weinig afwasmiddel aanwezig; voeg zonodig extra afwasmiddel toe.

- 10) Na de gehele zeefserie 5 minuten te hebben gezeefd wordt het materiaal dat op de bovenste zeef is blijven liggen met de hand behandeld. Met de ontkoppelde (nu dus losse) slang wordt onder een waterstraal telkens een deeltje van het monster tussen duim en wijsvinger genomen om de kleideeltjes te verwrijven. Let op dat er geen vezels beschadigen. Dit laatste wordt bereikt door een zeer lichte druk uit te oefenen en het monster direct te laten liggen zodra men vezels voelt. **DEZE HANDELING WORDT ALLEEN MET HET MATERIAAL OP DE BOVENSTE ZEEF UITGEVOERD; HIERNA WORDT HET MATERIAAL NIET MEER AANGERAAKT!**

- 11) Zet de bovenste zeef terzijde in een bak; bevestig sproeikop, slangen en banden weer. Zeef weer gedurende 5 minuten; stel zonodig de amplitude bij tot 1,5 mm.

Herhaal stap 11) tot en met de laatste zeef.

- 12) Maak de zeven zo goed mogelijk schoon in de bakken **zonder materiaal te morsen**; het is geen bezwaar dat enig materiaal op de zeven achterblijft.

Herhaal zonodig de stappen 4) tot en met 11) voor de overige deelmonsters. Zorg er na de zeving van het laatste deelmonster voor, dat **alle materiaal op de zeven** in de bakken terecht komt.

- 13) Fotografeer de zeeffracties op een raster met bekende afmetingen.
- 14) Plaats de bakjes en zeven in de droogstoof. Droog gedurende 24 uur bij een temperatuur van 110 ± 5 °C.
- 15) Bepaal de massa van bak en materiaal tot op 0,01 gram nauwkeurig; doe hetzelfde met de zeef en materiaal. Bereken de massa van het materiaal in de verschillende fracties; noem deze M2 t/m M7.
- 16) Neem zeven hittebestendige bakjes en weeg deze op 0,0001 gram nauwkeurig.
- 17) Neem voor de asgehaltebepaling een monster van minimaal 1 gram gedroogd materiaal per fractie, verpulver dit en doe dit in de hittebestendige bakjes. Verpulver ook het gehele niet-gezeefde deelmonster en doe dit in een bakje. Bepaal de massa van bakje en monster op 0,0001 gram nauwkeurig. Verassing vindt plaats in een oven bij een temperatuur van 550 °C gedurende 5 uur. Doe de rest van het materiaal in een monsterbusje dat voorzien is van een label met proefnummer, monsternummer en datum.

- 18) Weeg na verassing het bakje en monster van de verschillende zeeffracties op 0,0001 gram nauwkeurig; bereken de asgehalten van de verschillende zeeffracties; noem deze a2 tot en met a7.
- 19) Bepaal onder een loep de diameter/lengte verhouding van de vezels in de verschillende zeeffracties.

D.5 Berekening van de vezelgrootte verdeling

- 1) Bereken met behulp van de massa van het veenmonster vóór zeving (M1) en het watergehalte (w) de droge massa van het gezeefde monster (M1d), volgens vergelijking (D.1).

$$M1d = \frac{M1}{(1 + w)} \quad (D.1)$$

- 2) Bereken met behulp van het asgehalte (a) de droge massa van de as van het gezeefde monster (M1a), volgens vergelijking (D.2).

$$M1a = a \times M1d \quad (D.2)$$

- 3) Bereken de droge massa van het materiaal fijner dan 0,106 mm (M8), volgens vergelijking (D.3).

$$M8 = M1d - M2 - M3 - M4 - M5 - M6 - M7 \quad (D.3)$$

- 4) Bereken de massa van de as in de fractie fijner dan 0,106 mm, volgens vergelijking (D.4).

$$M_{8a} = M_{1a} - a_2 \times M_2 - a_3 \times M_3 - a_4 \times M_4 - a_5 \times M_5 - a_6 \times M_6 - a_7 \times M_7 \quad (D.4)$$

- 5) Bereken de droge massa van het organisch materiaal fijner dan 0,106 mm en in de zeeffracties, volgens vergelijking (D.5) t/m (D.11).

$$M_{8o} = M_8 - M_{8a} \quad (D.5)$$

$$M_{7o} = M_7 - a_7 \times M_7 \quad (D.6)$$

$$M_{6o} = M_6 - a_6 \times M_6 \quad (D.7)$$

$$M_{5o} = M_5 - a_5 \times M_5 \quad (D.8)$$

$$M_{4o} = M_4 - a_4 \times M_4 \quad (D.9)$$

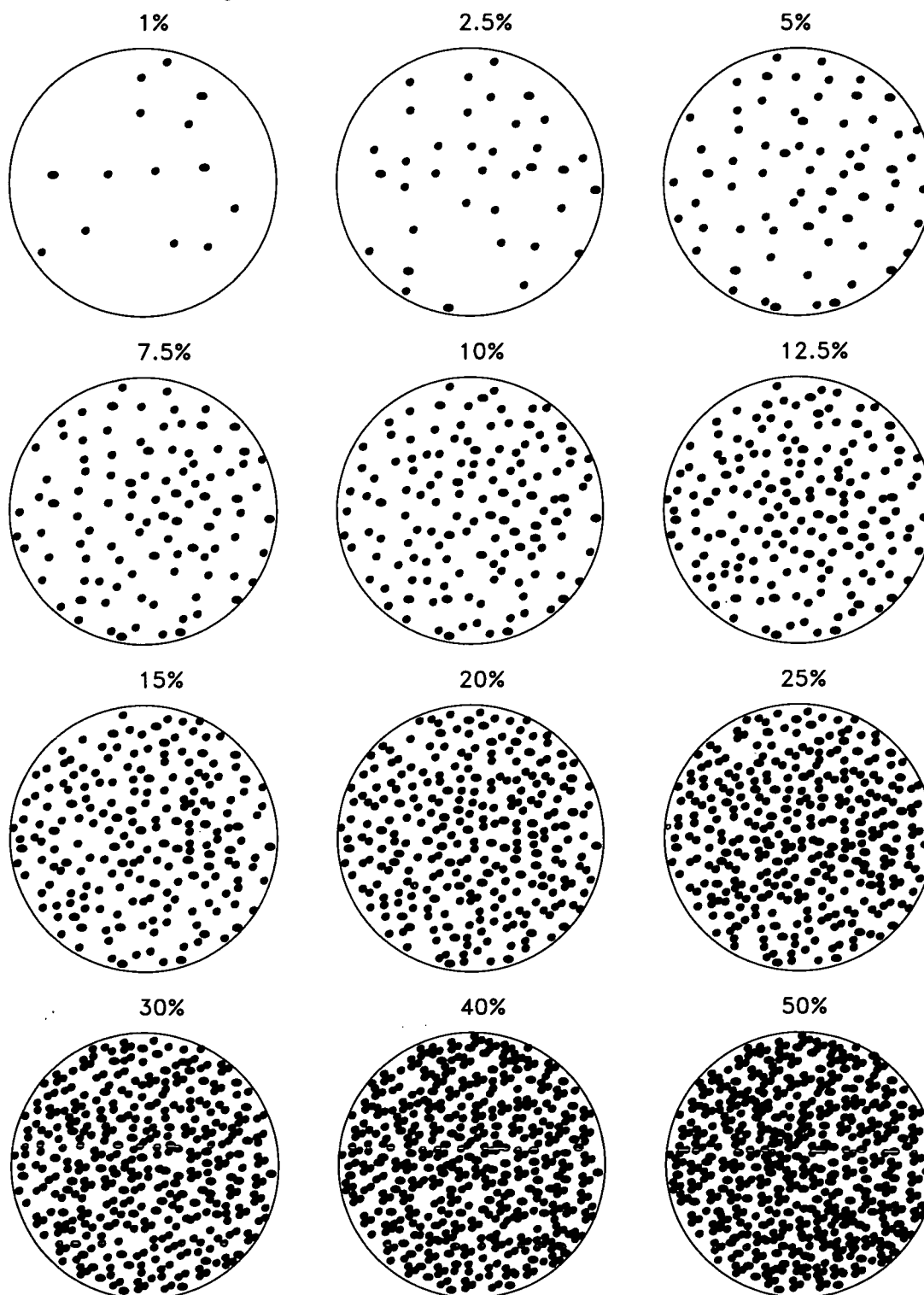
$$M_{3o} = M_3 - a_3 \times M_3 \quad (D.10)$$

$$M_{2o} = M_2 - a_2 \times M_2 \quad (D.11)$$

- 6) Zet met behulp van M_{2o} tot en met M_{8o} de zeefcurve van het organisch materiaal uit; op de verticale as wordt het *cumulatieve percentage fijner dan* uitgezet.
- 7) Zet met behulp van M_{2a} tot en met M_{8a} de zeefcurve van het anorganisch materiaal uit; op de verticale as wordt het *cumulatieve percentage fijner dan* uitgezet.
- 8) Bereken het "Rubbed Fiber Content"; dit is gelijk aan het percentage organisch materiaal **grover dan 0,150 mm**.

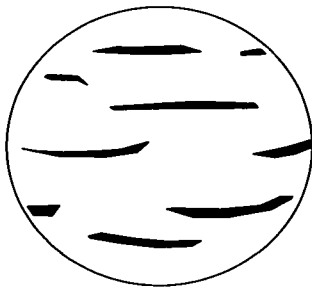
E Bepaling van het gehalte aan fijne en grove vezels aan de hand van vergelijkingskaarten

E.1 Gehalte aan fijne vezels

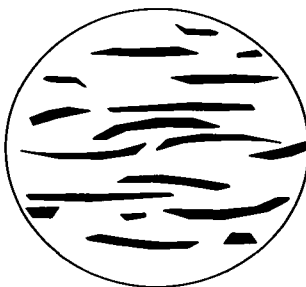


E.2 Gehalte aan grove vezels

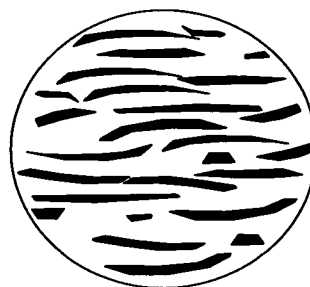
5%



10%



20%



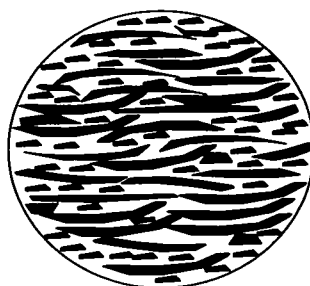
30%



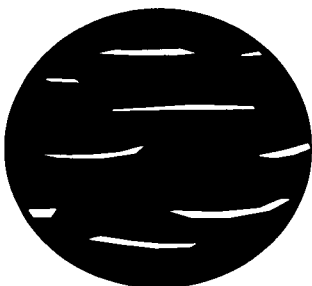
40%



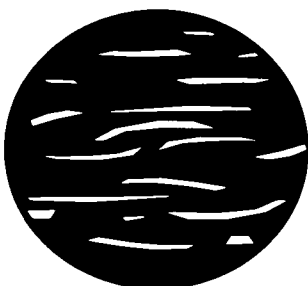
50%



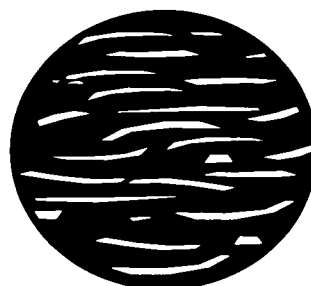
5%



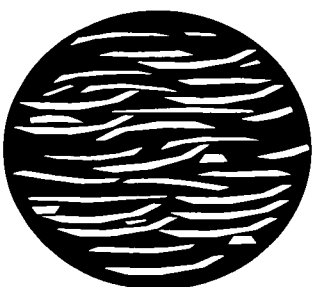
10%



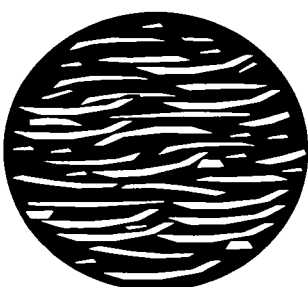
20%



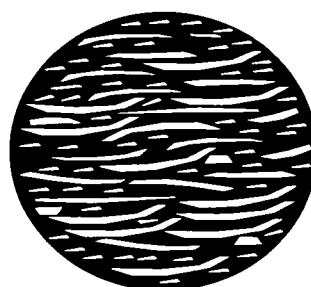
30%



40%



50%



F Bepaling van de horizontale en verticale krimp

Bron: [den Haan 1989a]

F.1 Selectie van het monster

In deze methode wordt bij voorkeur een cilindrisch monster gebruikt, waarvan de hoogte bij benadering gelijk is aan de diameter. Gezien de aanwezigheid van grove delen dient de diameter minstens 50 mm te bedragen. Het monster kan worden verkregen zoals beschreven in hoofdstuk 3.4 en appendix A. Bij bosveen dient zo mogelijk een monster te worden genomen, dat op het oog geen takjes of stukjes hout bevat, omdat deze de meting zullen verstoren. Het is echter mogelijk dat de aanwezigheid van het hout pas bij droging naar voren komt; hiervan dient aantekening te worden gemaakt.

F.2 Uitvoering van de meting (droging bij kamertemperatuur)

- 1) Steek 10 punaises in het monster; 2 in de kopvlakken voor de axiale meting en 4 paar diametraal in de zijkanen.
- 2) Bepaal dagelijks met een schuifmaat de axiale en diametrale afmetingen van het monster.
- 3) Staak de metingen na 3 weken of eerder, wanneer blijkt dat het monster niet verder meer krimpt.
- 4) Haal het monster uit elkaar en inspecteer het op de aanwezigheid van grove delen; maak hiervan aantekening.

F.3 Uitvoering van de meting (droging in een oven)

- 1) Steek 10 punaises in het monster; 2 in de kopvlakken voor de axiale meting en 4 paar diametraal in de zijkanen.
- 2) Plaats het monster op een schaalte in een droogoven, die is ingesteld op een temperatuur van 85 °C.
- 3) Bepaal één maal per uur met een schuifmaat de axiale en diametrale afmetingen van het monster; wanneer het volume naar de uiteindelijke waarde nadert, kan met langere tussenpozen worden gemeten.
- 4) Staak de metingen na 48 uur of eerder, wanneer blijkt dat het monster niet verder meer krimpt.

- 5) Haal het monster uit elkaar en inspecteer het op de aanwezigheid van grove delen; maak hiervan aantekening.

F.4 Presentatie van de resultaten

- 1) Zet in één figuur de volumekrimp en de axiale en diametrale krimp als functie van de tijd uit; zet in een andere figuur het verschil tussen de axiale en diametrale krimp als functie van de tijd uit.
- 2) Rapporteer de volgende waarden:
 - maximale axiale krimp
 - maximale diametrale krimp
 - het verschil tussen de maximale axiale en maximale diametrale krimp
 - het verschil tussen de maximale axiale en maximale diametrale krimp, gedeeld door de maximale axiale krimp.
- 3) Rapporteer bijzonderheden, zoals een onregelmatige vorm van het monster.

G Codering van de resultaten van de classificatieproeven

Bron: [Hobbs 1986]

G.1 Codering

De codering bestaat uit een aantal onderdelen die ieder afzonderlijk in de volgende paragrafen behandeld worden.

G.1.1 Hoofdbenaming

De bepaling van de hoofdbenaming is beschreven in Paragraaf 3.5.1. In tabel G.1 zijn de letteraanduidingen nogmaals weergegeven.

Code	beschrijvende term
V	mineraalarm veen
Vk1	zwak kleiig veen
Vk2	sterk kleiig veen
Vz1	zwak zandig veen
Vz3	sterk zandig veen

Tabel G.1 Codering: hoofdbenaming

G.1.2 Botanische samenstelling: genera

De bepaling van de botanische samenstelling is beschreven in paragraaf 3.5.2. Ter aanduiding van de botanische samenstelling worden de in tabel G.2 gegeven codes gebruikt.

Code	beschrijvende term	Latijnse benaming
Sch	waterplanten	Scheuchzeria
Ph	riet	Phragmites
C	zegge	Carex
W	hout	Lignidi
N	takjes	Nanolignidi
Er	wollegras	Eriophorum
S	mso	Spaghnum
H	mos	Hypnum
B	mos	Bryales

Tabel G.2 Codering: botanische samenstelling

Natuurlijk veen bestaat bijna altijd uit meerdere plantensoorten. In tegenstelling tot het normale Nederlandse spraakgebruik, waar het bijbestanddeel voorop staat, wordt in dit coderingssysteem het hoofdbestanddeel eerst gecodeerd.

Zo bestaat een veen, gecodeerd als ErCS voornamelijk uit wollegrasresten, met als voornaamste bijbestanddeel zegge; spaghnummos vormt als tweede bijbestanddeel de kleinste fractie; de Nederlandse omschrijving zou zijn zegge-mos-wollegrasveen.

G.1.3 Verweringsgraad volgens von Post

De verweringsgraad volgens von Post is gegradeerd op een schaal van 1 tot 10. De betekenis van de verschillende verweringsgraden is omschreven in appendix B. In tabel G.3 is de codering nogmaals weergegeven.

code	omschrijving
H' ₁	(nagenoeg) onverweerd veen zonder bagger
H' ₂	licht verweerd veen en veen dat enige bagger bevat
H' ₃	matig verweerd veen en veen met een aanzienlijk baggergehalte
H' ₄	sterk verweerd veen en veen met een aanzienlijk baggergehalte

Tabel G.3 Codering: Verweringsgraad volgens von Post

G.1.4 Watergehalte

De bepaling van het watergehalte is beschreven in paragraaf 3.5.4. De codering van het watergehalte is gegeven in tabel G.4.

code	beschrijvende term	watergehalte
		%
B ₁	droog	< 200
B ₂	iets uitgedroogd	200 - 500
B ₃	normale vochtigheid	500 - 1.000
B ₄	nat	1.000 - 2.000
B ₅	zeer nat	> 2.000

Tabel G.4 Codering: watergehalte

G.1.5 Gehalte aan fijne vezels

Het gehalte aan fijne vezels wordt bepaald als beschreven in hoofdstuk 3.5.8. Zo mogelijk dient de oorsprong van de fijne vezels te worden vermeld in de beschrijving, zoals F(C) of F(S). Het gehalte aan fijne vezels wordt omschreven als gegeven in tabel G.5.

code	massafractie vezels < 0,25 mm uit laboratoriumbepaling	visuele bepaling aan de hand van vergelijkingskaarten	omschrijvende term
	%		
F ₀	< 30	< 5	geen fijne vezels
F ₁	30 - 60	5 - 15	weinig fijne vezels
F ₂	60 - 80	15 - 30	veel fijne vezels
F ₃	> 80	> 30	zeer veel fijne vezels

Tabel G.5 Codering: gehalte aan fijne vezels

G.1.6 Gehalte aan grove vezels

Het gehalte aan fijne vezels wordt bepaald als beschreven in hoofdstuk 3.5.8. Zo mogelijk dient de oorsprong van de fijne vezels te worden vermeld in de beschrijving, zoals F(C) of F(S). Het gehalte aan fijne vezels wordt omschreven als gegeven in tabel G.6.

code	massafractie vezels > 1,0 mm uit laboratoriumbepaling	visuele bepaling aan de hand van de vergelijkingskaarten	beschrijvende term
	%		
R ₀	< 5	< 5	geen grove vezels
R ₁	5 - 15	5 - 15	weinig grove vezels
R ₂	15 - 30	15 - 30	veel grove vezels
R ₃	> 30	> 30	zeer veel grove vezels

Tabel G.6 Codering: gehalte aan grove vezels

G.1.7 Gehalte aan hout

Het gehalte aan hout wordt bepaald als beschreven in hoofdstuk 3.5.9; de codering is gegeven in tabel G.7.

code	beschrijvende term	relatief oppervlak
		%
W ₀	geen hout of takjes	< 5
W ₁	weinig hout of takjes	5 - 15
W ₂	veel hout of takjes	15 - 30
W ₃	zeer veel hout of takjes	> 30

Tabel G.7 Codering: gehalte aan hout of takjes

G.1.8 Asgehalte

Het asgehalte wordt bepaald als beschreven in hoofdstuk 3.5.5; de codering is gegeven in tabel G.8.

code	beschrijvende term	asgehalte
		%
N ₄	mineraalarm veen	< 40
N ₃	zwak kleiig of zwak zandig veen	40 - 65
N ₂	sterk kleiig of sterk zandig veen	65 - 80
N ₁	humeuze grond	> 80

Tabel G.8 Codering: asgehalte

Zo mogelijk dient de oorsprong van het veraste materiaal te worden vermeld in de beschrijving. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van de toevoegingen uit tabel G.9. Bijvoorbeeld: een asgehalte van 45 % met hoofdzakelijk silt en klei kan worden gecodeerd met N₃(SK).

Code	beschrijvende term
G	grind
Z	zand
S	silt
L	leem
K	klei
V	veen

Tabel G.9 Codering: toevoeging bij asgehalte

G.2 Voorbeelden

G.2.1 Voorbeeld 1

Van een monster zijn de in tabel G.10 gegeven classificatieparameters bepaald.

classificatieparameter	classificatie	code
hoofdbenaming	mineraalarm veen	V _m
botanische samenstelling	riet-zeggeveen	C _{Ph}
verweringsgraad	H ₂	H ₂
watergehalte	650 %	B ₃
gehalte fijne vezels	25 % (hoofdzakelijk zegge)	F ₂ (C)
gehalte grove vezels	15 % (hoofdzakelijk rietbladeren)	R ₁ (Ph)
gehalte hout	0 %	W ₀
asgehalte	12 % (hoofdzakelijk silt en klei)	N ₄ (SK)

Tabel G.10 Voorbeeld 1

Dit materiaal wordt gecodeerd als: V_mC_{Ph}H₂B₃F₂(C)R₁(Ph)W₀N₄(SK)

G.2.2 Voorbeeld 2

Van een monster zijn de in tabel G.11 gegeven classificatieparameters bepaald.

classificatieparameter	classificatie	code
hoofdbenaming	zwak kleiig veen	Vk1
botanische samenstelling	bosveen	W
verweringsgraad	H ₆	H ₆
watergehalte	350 %	B ₂
gehalte fijne vezels	10 % (hoofdzakelijk resten van takjes en bladnerven)	F ₁ (W)
gehalte grove vezels	20 % (hoofdzakelijk takjes)	R ₂ (N)
gehalte hout	25 %	W ₂
asgehalte	45 % (hoofdzakelijk silt en klei)	N ₃ (SK)

Tabel G.11 Voorbeeld 2

Dit materiaal wordt gecodeerd als: Vk1WH₆B₂F₁(W)R₂(N)W₂N₃(SK)

De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen werd door de Minister van Verkeer en Waterstaat ingesteld.

De commissie adviseert de minister omtrent alle technisch-wetenschappelijke aspecten die van belang kunnen zijn voor een doelmatige constructie en het onderhoud van waterkeringen, dan wel voor de veiligheid van door waterkeringen beschermde gebieden.

Met vragen omtrent werk van de TAW kan men zich wenden tot het werkorgaan van de commissie, ondergebracht bij de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van de Rijkswaterstaat.

Postbus 5044, 2600 GA Delft,
tel. (015) 269 94 36

Delft, juni 1996