

# Bodemkunde



Bodemkunde: een selectie en bewerking uit de bundel "*Bodemkunde in de biologische landbouw*" van Ruud Hendriks (Ontwikkelcentrum 2000) aangevuld met informatie uit o.a. het boek *Bodemkunde* van S. Kuipers en het handboek *Mest en Compost* van Jan Bokhorst en Coen ter Berg (red.)

# 1 Inhoudsopgave

1	Inhoudsopgave.....	2
2	Begrippen grond en bodem.....	5
2.1	Scheikundige eigenschappen.....	5
2.2	Natuurkundige eigenschappen.....	5
2.3	Biologische eigenschappen.....	6
2.4	Bodemvruchtbaarheid.....	6
2.5	Grond en bodem.....	6
2.5.1	Bodemprofiel.....	7
2.5.2	Bouwvoor en zodenlaag.....	7
2.5.3	Landschap.....	8
2.6	Bodemtype en grondsoort.....	8
2.7	Grondsoort en vegetatie.....	10
2.7.1	Kalkrijke jonge zeeklei.....	10
	De bodem.....	10
	Het landschap.....	10
	Mest- en compostgebruik.....	10
2.7.2	Podzolgronden.....	11
	De bodem.....	11
	Het landschap.....	11
	Mest en compostgebruik.....	11
2.7.3	Natte gronden in beekdalen.....	12
	De bodem.....	12
	Het landschap.....	12
	Mest- en compostgebruik.....	12
2.7.4	Rivierkleigronden.....	13
	De bodem.....	13
	Het landschap.....	13
	Mest- en compostgebruik.....	13
2.8	Leervragen hoofdstuk 2.....	14
3	De ontwikkeling van de Nederlandse bodem.....	17
3.1	Oriëntatie.....	17
3.1.1	Leerdoelen.....	17
3.2	Bodemontwikkeling op klei.....	18
3.2.1	De geboorte.....	18
3.2.2	De jeugdijaren.....	18
3.2.3	Eindelijk volwassen.....	19
3.2.4	Een 60-plusser in de VUT.....	19
3.2.5	Sterven.....	20
3.3	Bodemontwikkeling op zandgronden.....	21
3.3.1	De rol van de boer.....	21
	Voorbeeld 1.....	21
	Voorbeeld 2.....	21
3.4	Samenvatting.....	22
3.5	Leervragen hoofdstuk 3.....	23
4	Zand, klei, humus en kalk.....	24
4.1.1	Leerdoelen.....	24
4.2	Zandgrond.....	24
4.2.1	Onaantastbare kristalbrokjes.....	25
4.2.2	Kalk- en humusbehoefte.....	25
4.3	Kleigrond en zavelgrond.....	26
4.3.1	Heel klein, maar wel sterk.....	26

4.3.2	Chemisch negatieve activiteit.....	26
4.3.3	Kleigrond .....	26
4.3.4	Zavelgrond .....	27
4.4	Humus en kalk .....	27
4.4.1	Humus .....	27
4.4.2	Humusopbouw .....	27
4.4.3	Meerdere soorten humus .....	29
4.4.4	Humusopbouw en humusafbraak .....	30
4.4.5	Andere wegen voor organische stof.....	30
4.4.6	Kalk .....	31
4.4.7	Bekalken .....	31
4.5	Samenvatting .....	33
	Nederland tussen tropen en toendra .....	33
4.6	leervragen hoofdstuk 4 .....	34
5	Bodemwater, bodemlucht en bodemwarmte.....	35
5.1	Bodemwater.....	35
5.2	Begrippen.....	35
5.3	Binding van het water in de grond .....	35
5.4	Sterkte van de binding .....	36
5.5	Water in het bodemprofiel.....	37
5.5.1	Grondwaterzone.....	37
5.5.2	Capillaire zone .....	37
5.5.3	Hangwaterzone .....	37
5.5.4	Waterbeweging in de grond .....	38
5.6	De waterbalans .....	38
5.6.1	Aanvoer van water .....	38
	Aanvoer vanuit de hangwaterzone .....	38
	Aanvoer vanuit de grondwaterzone .....	39
	Aanvoer vanuit de hangwaterzone én de grondwaterzone .....	39
	Wateraanvoer van elders .....	39
	Gewenste grondwaterstand tijdens het groeiseizoen.....	40
5.6.2	Afvoer van water .....	40
	Verbetering doorlaatbaarheid.....	41
	Bolle en holle grondwaterspiegel.....	41
5.6.3	Waterberging.....	41
5.6.4	Aflezen van de grondwaterbeweging .....	42
5.6.5	Grondwatertrappen .....	42
5.7	Bodemlucht.....	43
5.7.1	Luchtgehalte.....	43
5.7.2	Luchtverversing.....	43
5.8	Bodemwarmte.....	44
5.8.1	Aanvoer van warmte door zonnestraling.....	44
5.8.2	Warmtecapaciteit, warmtegeleidingsvermogen en verdamping.....	44
5.8.3	Warmteverlies door uitstraling.....	45
6	Bodemleven .....	46
6.1	Oriëntatie .....	46
6.1.1	Leerdoelen .....	46
6.2	De ideale bodem.....	46
6.3	Beschrijving van de bodemorganismen .....	47
6.3.1	Eencelligen.....	47
6.3.2	Beerdertjes .....	47
6.3.3	Raderdierdjes.....	47
6.3.4	Aaltjes .....	48

6.3.5	Potwormen .....	48
6.3.6	Springstaarten .....	48
6.3.7	Mijten .....	49
6.3.8	Regenwormen .....	49
6.3.9	De wormenstand bevorderen .....	50
6.4	Schimmels en bacteriën .....	51
6.4.1	Schimmels .....	51
6.4.2	Bacteriën .....	51
6.5	VAM-schimmels .....	52
6.6	Samenvatting .....	53
7	Structuurbeoordeling en bodembewerking .....	55
7.1	Oriëntatie .....	55
7.1.1	Leerdoelen .....	55
7.2	Bodemstructuur .....	55
7.2.1	De spadenproef .....	55
7.2.2	De vorm van structuurelementen .....	56
7.2.3	Het aanwezige bodemleven .....	56
7.2.4	Kleur en geur .....	56
7.2.5	De bodemsonde .....	57
7.3	Werken aan structuurverbetering .....	57
7.3.1	Groenbemesters .....	58
7.4	Mechanisatie .....	58
7.4.1	Het effect van ploegen .....	59
7.4.2	De ecoploeg .....	59
7.4.3	Andere maatregelen .....	60
7.5	Samenvatting .....	61
8	Vlinderbloemigen .....	62
8.1	Oriëntatie .....	62
8.1.1	Leerdoelen .....	62
8.2	Symbiose .....	62
8.2.1	Hoe werkt symbiose? .....	62
8.2.2	Kalkbehoefte .....	64
8.2.3	Stikstofbinding in de praktijk .....	64
8.2.4	Luzerne, klaver, lupine .....	65
	Luzerne .....	65
	Klaver .....	65
	Lupine .....	66
	Erwten en bonen .....	67
	Andere vlinderbloemigen .....	67
8.3	Samenvatting .....	67

## 2 Begrippen grond en bodem

De bodem van ons land wordt volgens een onderzoek van het CBS (1979) ingenomen door:  
Land- en tuinbouwgrond, 65 procent;

- Water, 9 procent;
- Bos, 8 procent;
- Huizen en wegen, 7 procent;
- Natuurterreinen 4 procent;
- Diversen 7 procent.

De actuele verdeling (2005) zal iets anders zijn. Meer bebouwing en wegen, relatief minder land en tuinbouw en waarschijnlijk procentueel iets meer natuur.

*Opdracht: Zoek op de site van het CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek) uit hoe de meest recente cijfers met betrekking tot het grondgebruik in Nederland zijn. Kijk daarna hoe het in Fryslân zit.*

In de diepere ondergrond vindt men o.a. gesteenten, water, gas en olie. Dit alles wordt gerekend tot de bodem in ruimere zin. Deze heeft de volgende functies:

- Draagvlak voor mens en dier;
- Het telen van gewassen;
- Afbraak en het opnieuw in omloop brengen van stoffen;
- Winning van drinkwater;
- Winning van bouwmaterialen, gas, olie en dergelijke.

In dit stencil wordt de bodem beschouwd vanuit het gezichtspunt van het telen van gewassen. Hierin past ook de afbraak en het opnieuw in omloop brengen van stoffen waarbij het bodemleven een belangrijke rol speelt.

Wij kennen verschillende termen die in verband met de landbouwgrond gebruikt worden, bijvoorbeeld:

- a. *Rijke/arme/uitgeboerde grond;*
- b. *Natte/koude/slecht doorlatende grond;*
- c. *Slecht bewerkbare/kluiterige/knikkige grond;*
- d. *Dode grond.*

### 2.1 Scheikundige eigenschappen

De onder *a* genoemde termen hebben betrekking op de *voedingstoestand* waarin de grond verkeert. De grond kan de plant van voedingsstoffen voorzien. Door bemesting is een arme grond in een betere voedingstoestand te brengen. Hoeveel en wat voor soort mest nodig is, kan worden vastgesteld door grondonderzoek. Hiervoor wordt een grondmonster van de bovengrond gestoken en naar een laboratorium voor grondonderzoek opgezonden. Het gaat hierbij dus om de *scheikundige eigenschappen* van de grond. Deze zijn min of meer *tijdelijk*. Door bemesting zijn ze in sterke mate te beïnvloeden.

### 2.2 Natuurkundige eigenschappen

Zowel de termen onder *b* als die onder *c* hebben te maken met de *natuurkundige eigenschappen* van de grond. Deze worden vooral bepaald aan de grond zoals die in het

veld ligt. Ook op het laboratorium kunnen enkele natuurkundige eigenschappen van de grond bepaald worden zoals bijvoorbeeld het kleigehalte en het poriënvolume. De natuurkundige eigenschappen zijn min of meer de *blijvende* eigenschappen van de grond. Men kan ze niet zo gemakkelijk veranderen. Denk bijvoorbeeld aan de zwaarte van de bovengrond, een storende laag in de ondergrond of het vochthoudende vermogen van de grond. Door dit meer blijvende karakter worden de landbouwkundige kwaliteitsverschillen van de grond vooral door de natuurkundige eigenschappen bepaald.

### **2.3 Biologische eigenschappen**

Het onder *d* genoemde begrip 'dode grond' heeft betrekking op het *bodemleven*. Bodemdieren breken blad- en wortelresten van de planten af, bacteriën versnellen vele scheikundige processen in de grond. Hierdoor hoopt het afval zich niet aan het oppervlak van de aarde op en komen allerlei voedingsstoffen weer beschikbaar voor de nieuwe plantengroei. Het bodemleven heeft ook een gunstige invloed op verschillende natuurkundige eigenschappen van de grond, onder anderen de structuur en de doorlatendheid.

### **2.4 Bodemvruchtbaarheid**

De scheikundige, natuurkundige en biologische eigenschappen tesamen bepalen de *bodemvruchtbaarheid*. Het is wel duidelijk dat grond in landbouwkundige zin niet alleen bestaat uit *vaste bestanddelen* zoals klei, zand, grind, organische stof en neergeslagen zouten. Eveneens van belang zijn de ruimten tussen deze vaste gronddeeltjes, die gevuld zijn met *lucht* of *water* met daarin opgeloste zouten, en waarin ook bodemorganismen leven. Al deze onderdelen zijn nodig voor een goede plantengroei en een gemakkelijke grondbewerking. Voor een steenbakker zijn daarentegen alleen de vaste bestanddelen van de grond van belang. De definitie van 'bodem' in landbouwkundige zin luidt dan ook: *de bovenste losse laag van de aardkorst, bestaande uit vaste minerale en organische bestanddelen en met water en lucht gevulde poriën, die geschikt is voor de groei van planten en dieren.*

Een goede bodem bestaat voor ongeveer de helft uit vaste bestanddelen en voor de helft uit poriën. De helft van het poriënvolume is gevuld met lucht en de andere helft met water.

In de tuinbouw wordt tegenwoordig veel 'plantenteelt zonder aarde' toegepast (hydrocultuur.) De plant vindt zijn stevigheid in steenwol, veensubstraat en dergelijke. Deze kan vocht vasthouden en ook worden verwarmd. Via infusen worden water en meststoffen toegediend. De benodigde concentraties van de meststoffen worden geregeld door een computer. Hierdoor worden de belangrijkste functies van de grond (de regeling van de voorziening van water en voedingsstoffen voor het gewas) nagebootst.

*Opdracht: Zoek een voorbeeld-grondonderzoek op de site van het BLGG voor grasland en print deze uit. Wat wordt er allemaal onderzocht. Geef het onderzoek een beeld van de bodemvruchtbaarheid?*

### **2.5 Grond en bodem**

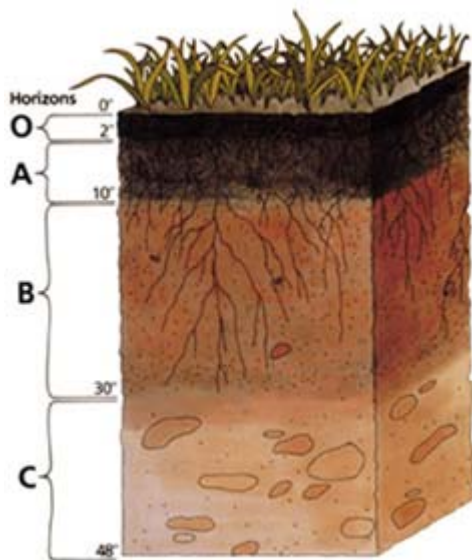
In het voorgaande werden de woorden *grond* en *bodem* gebruikt. Wat is het verschil tussen deze beide begrippen? Onder *grond* wordt verstaan het losse materiaal dat men aan de oppervlakte van de aardkorst aantreft. Neemt men hiervan op een willekeurige plaats een kleine hoeveelheid om het op het laboratorium te laten onderzoeken, dan spreekt men van een grondmonster en van grondonderzoek. Het woord *bodem* heeft meer betrekking op de

wijze waarop de afzonderlijke gronddeeltjes in de natuur zijn gerangschikt tot bepaalde patronen. Deze rangschikking is lang niet altijd gelijk aan de oorspronkelijke; zij is vaak ontstaan door allerlei scheikundige, biologische en natuurkundige processen die na de afzetting van de gronddeeltjes hebben plaatsgevonden. Door middel van *bodemkartering* brengt men de bodem, zoals deze in het veld voorkomt, in kaart. 'Grond' en 'bodem' worden in het Nederlandse spraakgebruik niet scherp van elkaar gescheiden.

### 2.5.1 Bodemprofiel

De bodem wordt bestudeerd aan de hand van het bodemprofiel. Hieronder wordt verstaan een *verticale* doorsnede van de aardkorst tot op de diepte die voor de plantengroei nog belangrijk is (meestal 1 tot 1,50 m). Een bodemprofiel wordt gekenmerkt doordat er verschillende horizontale lagen in voorkomen, meestal *horizonten* genoemd. De wijze waarop het profiel is opgebouwd, is zeer belangrijk voor de landbouw; de doorlatendheid voor water, de beworteling van het gewas en dergelijke worden erdoor beïnvloed.

De verschillende horizonten die in een bodemprofiel voorkomen worden met namen, letters en cijfers aangeduid. De belangrijkste horizonten zijn:



- O: materiaal aan de oppervlakte (bestaande uit nog onverteerd materiaal en verteerd materiaal)
- A: uitspoelingshorizont;
- A<sub>1</sub>: De donker gekleurde bovenste horizont van het eigenlijke bodemprofiel. Hierin vindt regelmatig aanvoer van organische materiaal plaats dat door het bodemleven wordt omgezet in humus. In minerale gronden vindt hier tevens de vermenging plaats door het bodemleven met zand en kleideeltjes;
- A<sub>2</sub>: De horizont waar de ijzer- en aluminiumoxiden en/of kleimineralen zijn uitgespoeld;
- A<sub>3</sub>: De overgang tussen de A- en B-horizont;
- B: inspoelingshorizont. In deze horizont zijn de uitgespoelde humus, ijzer- en aluminiumoxiden en/of kleimineralen ingespoeld. Een door humus en ijzer verkitte inspoelingshorizont wordt in de praktijk een *oerbank* genoemd.
- B<sub>1</sub>: overgangshorizont;
- B<sub>2</sub>: De horizont met de maximale inspoeling
- B<sub>3</sub>: Overgangshorizont;
- C: De zone met moedermateriaal. De bodemvormende processen hebben hierin nog weinig of geen invloed gehad, hoogstens ontkalking en rijping;
- D: Wanneer in een profiel nog een geheel ander soort moedermateriaal voorkomt (bijvoorbeeld veen in een kleiprofiel, dan wordt deze met D aangeduid.
- G: Deze zone bevindt zich in het permanente grondwater is vrijwel volledig geduceerd.

Het is niet zo dat in elk bodemprofiel alle horizonten voor zullen komen. Volledige profielen heten A-B-C profielen. Ontbreekt de B-horizont, dan spreken we van een A-C profiel.

### 2.5.2 Bouwvoor en zodenlaag

Bij bouwland wordt het bovenste gedeelte van het bodemprofiel – het gedeelte dat regelmatig wordt geploegd de *bouwvoor* genoemd. Bij grasland heet het bovenste, ongeveer 5 tot 10 cm dikke en sterk doorwortelde laagje de *zodelaag*. De voedingsstoffen worden voor het grootste deel uit de bouwvoor en de zodelaag gehaald.

### 2.5.3 Landschap

De bodem strekt zich niet alleen uit in verticale richting, dus in het bodemprofiel, maar ook in horizontale richting, in het landschap. Bij de bodemkartering merkt men vaak dat, wanneer aan het oppervlak van het land iets verandert, bijvoorbeeld wanneer dit natter of droger, lager of hoger wordt, het bodemprofiel vrij zeker ook verandert. De bodem heeft dus drie afmetingen: lengte, breedte en hoogte (zie Figuur 2-1). *Een bodemeenheid is een moot grond begrensd door horizontale en verticale vlakken.* Op bodemkaarten worden deze bodemeenheden met omlijnningen en kleuren weergegeven.

*Opdracht: maak op je stagebedrijf een profielkuil van ongeveer anderhalve meter diep. Maak een duidelijke foto van het profiel en druk deze af. Geef aan wat de grondsoort is en benoem de verschillende horizonten.*

### 2.6 Bodemtype en grondsoort

Wanneer een bodemeenheid zeer homogeen is, dus wanneer de bodemprofielen binnen deze eenheid vrijwel gelijk aan elkaar zijn, spreekt men van een *bodemtype*. Een aantal bodemtypen samen wordt gegroepeerd tot een hogere eenheid. Onze 'grondsoorten' zijn dergelijke hogere eenheden. De bodemtypen binnen de grondsoorten verschillen vaak sterk van elkaar, maar bepaalde typische eigenschappen hebben ze gemeenschappelijk. In Nederland worden de volgende grondsoorten onderscheiden: *zeeklei, rivierklei, veen, zand* en *löss*.

*Zeekleigrond* is door de zee afgezet en ligt dus langs onze kusten. Men onderscheidt nog wel oudere kalkarme en jongere kalkhoudende zeekleigronden. Zeeklei is over het algemeen grijs van kleur, bevat weinig organische stof, kan vrij veel vocht vasthouden en plakt in vochtige toestand. De zware, kalkarme zeekleigronden worden meestal als grasland gebruikt (waarom?), de kalkhoudende als bouwland. Deze laatste gronden behoren tot de beste van Nederland.

*Rivierklei* is bruiner van kleur. Dicht bij de oude rivierarmen zijn lichtere gronden, de zogenaamde *stroomruggen* afgezet. Hier liggen bouwlanden en boomgaarden. Verder van de rivierarmen vandaan, in de kommen, liggen zeer zware gronden die uitsluitend als grasland worden gebruikt. Buiten de dijken, op de uiterwaarden, wordt bij hoge rivierstand nog steeds klei afgezet.

*Veengrond* bestaat hoofdzakelijk uit plantenresten. Veen is bruin of zwart van kleur en kan zeer veel vocht bevatten. In het westelijke en noordelijke deel van ons land bevinden zich veel laaggelegen veengronden: hierop ziet men veel grasland en ook wel tuinbouw. Hoger gelegen veengronden komen in ons land vooral in het oosten en in de Peel voor. Deze zijn voor het grootste deel ontgonnen tot de dalgronden of veenkoloniale gronden.

*Zandgrond* ligt vooral in Oost- en Zuid-Nederland en omvat ongeveer 40 procent van al onze grond. De zandgronden zijn, evenals de lössgronden, veel ouder dan de klei of veengronden. Alleen de duin- en zeezanden zijn jong. Dicht bij de dorpen liggen de *oude bouwlanden* langs de beken de *oude graslanden*. Het overige deel van de zandgronden is heel lang niet in cultuur geweest. Er groeide bos en heide waar de schapen liepen. Deze woeste gronden zijn nu praktisch allemaal ontgonnen tot bouwland of grasland.

*Löss of lösleemgrond* is geelbruin tot bruin van kleur. De grond is kleiachtig, doch plakt niet bij bevochtiging, voelt zeer zacht aan en kan veel vocht vasthouden. In ons land komt löss vooral voor in Zuid-Limburg. Elders in de wereld liggen grote oppervlakten van deze

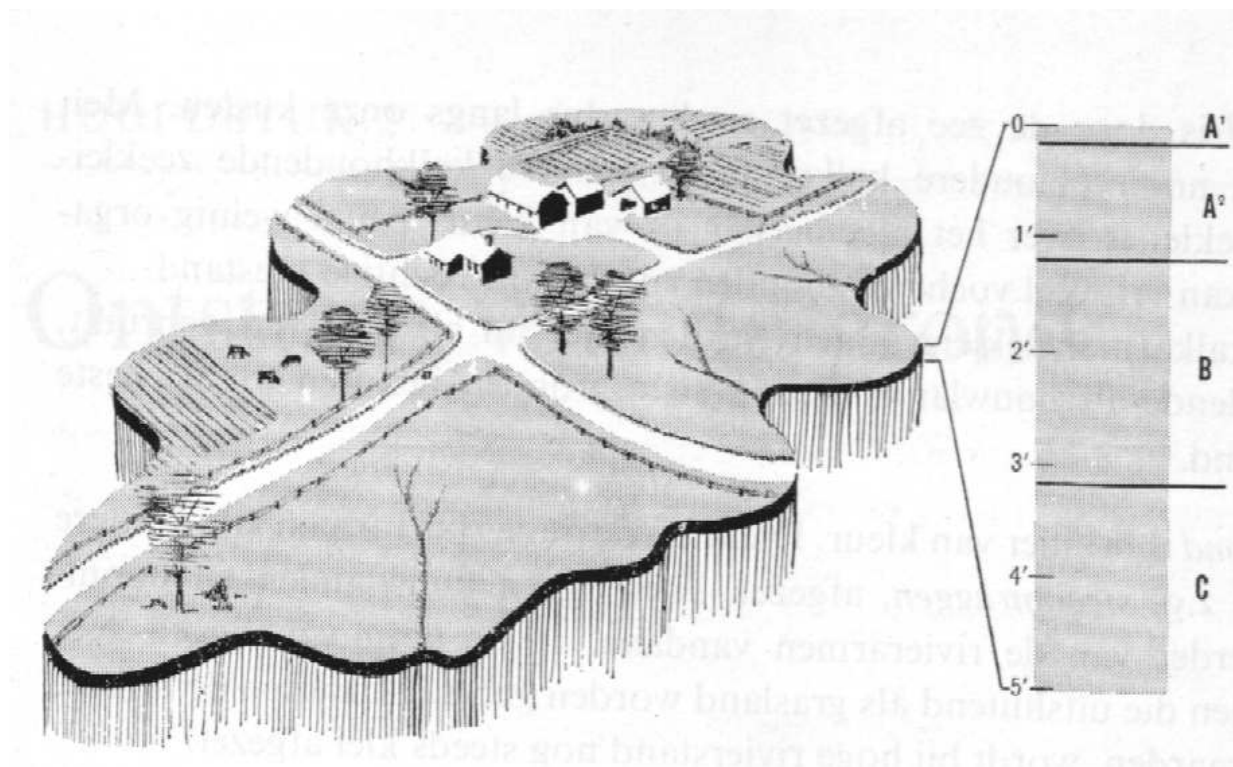


grondsoort. Het zijn zeer goede landbouwgronden die zowel voor bouwland en grasland als voor boomgaarden geschikt zijn.

Bodemtypen binnen de zandgronden zijn bijvoorbeeld profielen met een dikke humeuze bovenlaag en profielen met een dun humusdek. Bij de kleigronden kan men bodemtypen onderscheiden al naar de zwaarte van de bovengrond, de structuur, het voorkomen van een dichte laag in de ondergrond en dergelijke.

*Opdracht: Druk een bodemkaart af van het gebied waarin je stagebedrijf ligt. Een bodemkaart op postcodeniveau kun je maken op de site: [www.bodemdata.nl](http://www.bodemdata.nl)*

*Voeg het kaartje waarop de postcodenummers zijn vermeld bij de opdrachten.*



**Figuur 2-1** De bodem heeft een horizontaal en een verticaal vlak. Het verticale vlak wordt het bodemprofiel genoemd. Landbouwkundig is vooral de bovenste 1 tot 1,5 mtr van belang.

## 2.7 Grondsoort en vegetatie

Zonder vegetatie zou een bodem niet of nauwelijks veranderen. De vegetatie produceert zure humus of stimuleert koolzuur leverend bodemleven waardoor de kalk in de bodem oplost en uitspoelt. In een kalkrijke bodem met een hoge pH zal over het algemeen veel organische stof mineraliseren. Deze mineralisatie heeft vervolgens weer invloed op de vegetatie. Hieronder enkele voorbeelden (uit het boek Mest en Compost, LBI)

### 2.7.1 Kalkrijke jonge zeeklei

#### De bodem

Deze is arm aan organische stof. De ondergrond is goed doorwortelbaar en in de zomer is wat er uit de ondergrond ruim beschikbaar. Door het geringe organische stofgehalte is de kans op een verdichte laag onder de bouwvoor groot en deze kan vaak alleen door regenwormen losgemaakt worden. Opbouw van organische stof is moeilijk door het sterke mineraliserende karakter van deze grond. Stikstofgebrek in het voorjaar en vastlegging van fosfaat zijn problemen die op kunnen treden.

#### Het landschap

Populier, wilg en es worden veel aangetroffen: bomen die in de zomer een uitbundige bladgroei laten zien. In de herfst is in sommige jaren wel wat geel blad te zien, maar vaak gaan de groene kleuren over in bruin en valt het blad groen ofbruin op de grond. Een duidelijke herfst is er niet. Er is zoveel uitbundige groei en vitaliteit dat de afrijping, die bij de herfst hoort, bijna wordt overgeslagen. De groei komt tamelijk abrupt tot stilstand. Vaak wordt het afgevallen blad snel de grond ingewerkt en is er geen of slechts een dunne strooisel laag. De processen in de landbouw lijken hier op: de gewassen vertonen een sterke vegetatieve groei en komen moeilijk tot afrijping. Op het gebied van smaak, suikergehalte en andere eigenschappen die op afrijping duiden, schieten de gewassen op deze gronden vaak tekort.

#### Mest- en compostgebruik

Om de eigenschappen van de bodem te verbeteren, mag het toegevoegde materiaal niet te snel afbreken. Daarom is gecomposteerde vaste mest of koolstofrijke plantaardige compost aan te raden. Dat is gunstig voor de productkwaliteit. De opbouw van organische stof is beter gediend door granen en grassen dan door klaverrijke groenbemesters.



**Figuur 2-2:** profiel kalkrijke jonge zeeklei

## 2.7.2 Podzolgronden

### De bodem

Grote delen van het zandgebied van Noord, Oost en Zuid Nederland bestonden vroeger uit heide. De bodem die hierbij hoort is een podzolgrond. Deze heeft een wat dikkere strooisellaag, met daaronder eerst een witte of grijze uitspoelingslaag en daarna een verkitten laag van ingespoelde humus. In deze arme en zure gronden loopt de beworteling al op geringe diepte vast in de verdichte laag. Het losmaken van deze laag helpt vaak maartijdelijk en daarom is het belangrijk om vervolgens diepwortelende gewassen te telen. Dieper gravende regenwormen kunnen dit proces ondersteunen.

### Het landschap

Na de komst van de mens overheerst de heide, maar daarvoor was het ook al een open landschap met plaatselijk heide, mede als gevolg van wilde grazers. Eik, berk en grove den zijn hier typische bomen. In het voorjaar begint de ontwikkeling zeer traag, in de zomer laat de droogte zijn sporen achter. In de herfst is er wel een weinig uitbundige geelkleuring bij eik en berk. Alles wijst erop dat hetjaarritme op subtiele wijze wordt afgewerkt, omdat er vanuit de bodem te weinig kracht wordt aangereikt.

### Mest en compostgebruik

In dit enigszins ingeslapen landschap moet een mest of compost gebruikt worden die de bodem wakker maakt. Wat versere vaste mest is hier op zijn plaats. Lang gecomposteerde plantaardige compost verhoogt wel het vochthoudend vermogen, maar geeft geen andere kwaliteit aan de grond. Bij gebruik van compost is een stikstofrijke niet te oude compost aan te raden, met als voorwaarde dat de pH omhoog wordt gebracht. Hierna kunnen stikstofrijke vlinderbloemige groenbemesters het proces aanvullen.



**Figuur 2-3:** profiel van een podzolgrond

### 2.7.3 Natte gronden in beekdalen

#### De bodem

De beekoordgronden van de beekdalen in het zandgebied kennen twee lagen. Een bovenlaag die rijk is aan organische stof en die plotseling overgaat in zand, dat arm is aan organische stof. Roestvlekken zijn door het hele profiel aanwezig als gevolg van de wisselingen in grondwaterstand in het verleden en soms in het heden. De gronden stonden in de winter vaak onder water en in de zomer daalde het grondwater tot 1 meter diepte of meer. De onder natte omstandigheden ontstane organische stof geeft makkelijk beweringsproblemen vanwege de smerende eigenschappen.

#### Het landschap

De overheersende boomsoort is de els, een boom met donkergroen loof. Net als bij de jonge zeekleigronden laat de els in sommige jaren wel wat geel blad zien, maar in het algemeen valt het groen ofbruin op de grond. Ook hier is geen duidelijk gefaseerd jaarritme aanwezig.

#### Mest- en compostgebruik

Gebruik van verse materialen hoort hier niet thuis omdat het de eenzijdigheid versterkt en kan leiden tot luchtarme omstandigheden. Wat langer gecomposteerd materiaal geeft humus die de bodemstructuur verbetert. De vaak volop aanwezige organische stof, die onder natte omstandigheden ontstaat, kan de bodemstructuur niet voldoende onderhouden en dit leidt tot problemen met bodembewerking bij de geploegde teelten of met de bodemstructuur bij gras.

De in het voorgaande geschetste eigenschappen van de bodem zijn niet op korte termijn te veranderen en zullen op langere termijn de keuze van mest of compost mede bepalen. Daarnaast zullen bodembewerking, weersomstandigheden en het gewas ook invloed hebben op de bodemeigenschappen. Regelmatig beoordelen van de bodem is van belang om op ieder perceel de wenselijke maatregelen te kunnen nemen. Hierbij spelen mest- en compostkeuze, gewaskeuze en wijze van grondbewerking een rol.



**Figuur 2-4:** Profiel van een natte beekdalgrond

## 2.7.4 Rivierkleigronden

### De bodem

Dit zijn de mooiste gronden van Nederland. Een goed ontwaterde rivierkleiggrond waar al langer een vegetatie op staat heeft een duidelijke bodemontwikkeling doorlopen. Het gevolg daarvan is een bovengrond met veel organische stof en een dikkere organische stof houdende laag onder de bouwvoor. Deze laag is door het bodemleven in de loop der tijd volledig gehomogeniseerd en kan wel 80 cm dik zijn. Dit alles leidt tot een goede doorworteling in boven- en ondergrond. Er is wel wat kalk die gunstig is voor een goede bodemstructuur, maar er is geen overmaat die leidt tot sterke afbraak van organische stof.

### Het landschap

Bij deze goed ontwaterde grond past een bos met f1ink ontwikkelde eiken, beuken, essen en vruchtbomen. Het zijn stevige bomen, die volop timmerhout en brandhout van goede kwaliteit leveren. In dit landschap komt de herfst pas goed uit de verf, met rijke kleuren en een overvloed aan vruchten. Dit is het eerste landschap waar vruchten zo overdadig voorkomen. Enerzijds is er veel massa als gevolg van de groei vanuit de bodem, anderzijds zijn er rijpingskwaliteiten aanwezig als zoetstoffen en kleuren door de inwerking van de zon.

### Mest- en compostgebruik

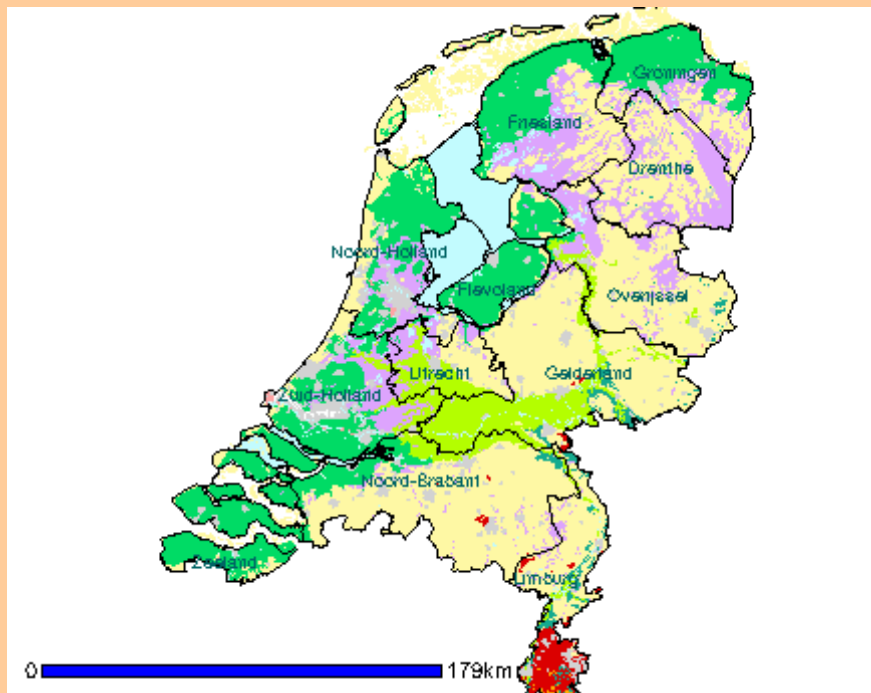
Van nature heeft deze bodem geen tekortkomingen die bijgestuurd moeten worden. De bodem kent een grote stabiliteit en kan invloeden van buiten goed opvangen. Het onderhouden van het proces is hiervan belang, met materiaal dat niet te vers en niet te oud is. Gelukkig heeft de bodem het vermogen om extremen goed op te vangen en zelf het midden te houden. Door eenzijdige gewaskeuze of bodembewerking onder te natte omstandigheden kan de bodemvruchtbaarheid wel achteruitgaan. Dan is wenselijk om bij te sturen met bijvoorbeeld gecomposteerde mest, die de structuur verbetert.



**Figuur 2-5:** Profiel van een rivierkleiggrond

## 2.8 Leervragen hoofdstuk 2

1. Geef in eigen woorden aan wat het verschil is tussen *grond* en *bodem*
2. Beschrijf in eigen woorden wat wordt bedoeld met de biologische-, de natuurkundige en de scheikundige eigenschappen van de grond.
3. Welke van de drie voorgaande eigenschappen van de grond is het gemakkelijkst te veranderen? Leg uit waarom.
4. Als een grond slecht doorlatend is, hebben we het dan over de natuurkundige, scheikundige of biologische eigenschappen van de grond? Of is het een combinatie van de drie?
5. Wat denk je dat wordt bedoeld met de ecologische functie van de bodem.
6. De onderstaande kaart is een bodemkaart van Nederland. Geef aan welke kleur welke grondsoort vertegenwoordigd (haal het pdfbestand van internet om de afbeelding in kleur te zien).



7. In dit hoofdstuk (zie 2.7) wordt gesproken van het “mineraliseren van organische stof”. Leg uit wat daarmee wordt bedoeld en waarom het in een bodem met hoge pH meer optreedt dan in een bodem met een lage pH.
8. Hieronder zie je de 4 verschillende landschappen (voor de kleurenversie zou je het pdf-bestand moeten downloaden en op het scherm bekijken). Geef aan bij welke grondsoort de vier landschappen passen en waarom.



**Figuur 2-6** Landschap 1



**Figuur 2-7** Landschap 2



**Figuur 2-8** Landschap 3



**Figuur 2-9: landschap 4**



## 3 De ontwikkeling van de Nederlandse bodem

### 3.1 Oriëntatie

Als boer of tuinder werk je op een vertrouwd stuk grond dat in de loop der jaren meestal maar weinig verandert. In de ontwikkeling van de aarde bekeken, is de periode dat je een bedrijf voert ongeveer te vergelijken met een seconde in een mensenleven, dus dan kan er ook niet veel veranderen. Die grond is echter ooit een keer afgezet door de zee, rivieren of de wind en is vervolgens aan een ontwikkeling begonnen. Een ontwikkeling die begint met een piepjonge bodem en eindigt met een oude, verstarde en versleten bodem. Ergens in die ontwikkeling ben je als boer een periode beheerder van die bodem. Het is goed om te weten in welk stadium van ontwikkeling je bodem is. Dit geeft zicht op de manier van bewerken die past bij de bodem en de gewassen die er van nature op thuis horen.

Nederland is het uitstroomgebied van een aantal rivieren uit het zuiden van Europa. Het houdt op de grens van land en water maar net het hoofd boven water en dat is aan de opbouw en de eigenschappen van de bodem goed te merken. Na afloop van de ijstijden hebben de zee en de rivieren in combinatie met wind het landschap gevormd. Hoe klein Nederland ook is, het aantal grondsoorten en profielen is zeer groot. De Nederlandse Bodem' is een afwisseling van zand, klei, veen, nat, droog, kalkrijk, zuur, rijk, arm en alle mogelijke combinaties daarvan. Toch maken alle bodems een ontwikkeling door die vergelijkbaar is. Die ontwikkeling is beschreven door Jan Bokhorst van het Louis Bolk Instituut en vormt de basis van dit hoofdstuk. In eerste instantie gaat het over ontwikkeling van zee- en rivierkleigronden. Aansluitend volgt een aanvulling voor de zandgronden.

De ontwikkeling van de bodem vertoont veel overeenkomsten met een mensenleven. De bodem wordt afgezet, ontwikkelt zich tot een voedingsbodem voor een rijke vegetatie, veroudert en spoelt of waait tenslotte weg. Vergelijkbaar met een mens die via geboorte, groei, een volwassen leven, ouderdom en sterven een ontwikkeling doormaakt.

Alle genoemde gronden zijn uitgebreid beschreven in *De Nederlandse bodem in kleur* door *De Bakker en Edelman-Vlam*. De ontwikkelingsreeks in Figuur 3-1 is aan dit boek ontleend.

#### 3.1.1 Leerdoelen

Na bestudering van dit van dit hoofdstuk kun je:

- de essentiële rol van kalk bij de ontwikkeling van de bodem beschrijven;
- de parallel tussen de ontwikkeling van de bodem en een mens herkennen;
- de veranderingen van een bodem in de loop van de geschiedenis herkennen en benoemen.

## 3.2 Bodemontwikkeling op klei

In deze paragraaf gaan we kijken naar de verschillende stadia in het leven van kleigrond.

### 3.2.1 De geboorte

Een *kleigrond* ontstaat door afzetting van kleideeltjes door de zee of door de grote rivieren. Deze klei is kalkrijk, zeker in de westelijke delen van ons land, waar de klei door kalkrijk zeewater uit het Kanaal is afgezet. In eerste instantie is de toekomstige grond nog zeebodem. Op den duur valt de bodem droog door de combinatie van bodemophoging en zeespiegeldaling.

De jonge grond is rijk aan voeding en kalk, maar heeft nog geen enkele structuur. Hij is slap en nat. De eerste pioniersplanten die tegen zout water kunnen, bijvoorbeeld zeekraal en zeegras, beginnen met de bedekking van de bodem. In de lucht is het een drukte van belang met watervogels zoals meeuwen, scholeksters, strandlopers en eenden. De grond wordt in die beginperiode nog regelmatig overspoeld door de zee. Een voorbeeld van deze grond is de Zeeuwse *Slikvaaggrond* in jonge zeeklei (6% os., 18,5% kalk).

### 3.2.2 De jeugdijaren

Op den duur is het afgelopen met de invloed van de zee. Van nature gebeurt dat doordat de zee zich terugtrekt, en dat kost tijd. Veel tijd. Door bedekking en inpoldering brengt mensenwerk honderden of zelfs duizenden jaren ontwikkeling terug tot enkele jaren. Dit is het geval geweest op de *Nesvaaggrond* in Oostelijk Flevoland (3,5% os., 10,5% kalk).

De bodem rijpt en door de droging ontstaan scheuren tot diep in de grond. Via deze scheuren kunnen wortels en bodemleven langzaam de diepere lagen bereiken. Op de drogende grond groeien van nature waterminnende bomen die snel groeien zoals wilgen en elzen. Het zijn *windbestuivers* die bloeien met katjes. Groen is de belangrijkste kleur in de vegetatie, bloemen of herfstkleuren komen vrijwel niet voor.

De bodem is zeer kalkrijk, de pH is neutraal of zelfs iets boven 7, dus het bacterieleven is optimaal. De grond verteert snel alle organische stof die er in terechtkomt. Boeren op net ingepolderde gronden zijn al blij wanneer ze kans zien om het percentage organische stof op peil te houden. Door de hoge activiteit van de bodem lukt verhogen van het percentage organische stof alleen door extreme inspanning.

Net als jonge mensen heeft een jonge grond aandacht en verzorging nodig. In principe is de grond zeer productief en lijkt onvermoeibaar, maar wanneer je er teveel van vraagt, gaat dat ten koste van de bodemstructuur. Later merk je dat door problemen die met een slechte structuur samenhangen. De droogscheuren in de bodem zijn bijvoorbeeld van essentieel belang voor het bereiken van de ondergrond door wortels en bodemleven. Bij bewerking met zware machines en onder natte omstandigheden drukken deze scheuren dicht en zijn ze voor de toekomst verloren.

Oudere poldergronden zijn te vinden in Zeeland. Daar zijn a 800 jaar geleden polders aangelegd. Een wat oudere jongere is bijvoorbeeld een *Poldervaaggrond* in kalkrijke jonge zeeklei (2,7% organische stof, 9% kalk). Er is nog steeds niet veel humus, maar de bodem is wel diep poreus geworden, dus de organische stof is naar grotere diepte getransporteerd. De bewortelingsdiepte is flink toegenomen. In Groningen en Friesland en in het rivierengebied vind je bodems in een vergelijkbaar stadium. Nog steeds is de vegetatie groen, vegetatief

van karakter en met een sterke voorjaarsontwikkeling. Windbestuiving is de belangrijkste vorm van bestuiving.

### 3.2.3 Eindelijk volwassen

Een persoon rond de dertig jaar is in de kracht van het leven. Een sterk lichaam en ondertussen ook de nodige levenservaring. Voor een bedrijf de ideale werknemer, want hij is productief, ervaren en kan nog lang blijven werken. Een volwassen grond is een grond die tot rust is gekomen. De grond heeft nog steeds veel groeikracht, maar is in de loop der jaren veel stabiel geworden.

Onder de zeeafzettingen zijn deze oudere gronden niet te vinden, maar in het rivierengebied wel. Een voorbeeld van een goed ontwaterde grond op kalkrijke jonge rivierklei is de *Ooi-vaaggrond* in de Betuwe (4,7% organische stof, 3,5% kalk). In de loop der jaren is het kalkgehalte gedaald, omdat zuren de kalkvoorraad hebben aangetast. De zuren komen in de grond via regen en via worteluitscheiding en verteringsprocessen. In deze Betuwegrond werken bacteriën samen met regenwormen aan het maken van een stabiele structuur die tot grote diepte gaat.

Omdat de hoeveelheid kalk duidelijk minder is dan in de voorgaande gronden, komt het bodemleven tot rust. De mineralisatie verliest aan snelheid ten opzichte van de humusvorming. Daardoor is er procentueel minder afbraak van organische stof en kan het gehalte organische stof stijgen. Omdat er veel organische stof is, komt er toch voldoende voeding beschikbaar voor goede productie.

De vegetatie heeft duidelijk een ander karakter dan in jonge gronden. Beuk en linde zijn typerende bomen die er van nature goed groeien. Er groeien veel bomen en struiken met opvallende herfstkleuren, de groei heeft meer een najaarskarakter gekregen, en zangvogels voelen zich hier uitstekend thuis. De bomen leveren veel grotere zaden en vruchten dan de windbestuivers, dus *fruitteelt* past goed op deze grond.

Na verloop van tijd moet elke volwassene toegeven dat hij of zij kwaaltjes krijgt. Lezen zonder bril en de trap op met twee treden tegelijk gaat niet meer. Ook de bodem is op een zeker moment over de top van zijn kunnen. Wanneer de kalkvoorraad op is, krijgt het bodemleven het moeilijker. De activiteit van bacteriën en wormen neemt af, schimmels en springstaarten gaan een belangrijker rol spelen (zie voor een beschrijving van deze bodembewoners hoofdstuk 6). Daarbij komt nog dat de bindende werking van kalk niet meer beschikbaar is. Calciumdeeltjes uit de kalk ( $\text{Ca}^{2+}$ ) fungeren als bindmiddel tussen klei en humus. Als er geen calcium beschikbaar is nemen andere kationen ( $\text{K}^+$  of  $\text{Na}^+$ ) deze rol over. Ook  $\text{H}^+$  kan zich op de plaats van  $\text{Ca}^{2+}$  vestigen. Geen van deze elementen geeft echter zoveel stabiliteit als calcium dat kan. Kortom, de bodem wordt kwetsbaarder en instabiel.

### 3.2.4 Een 60-plusser in de VUT

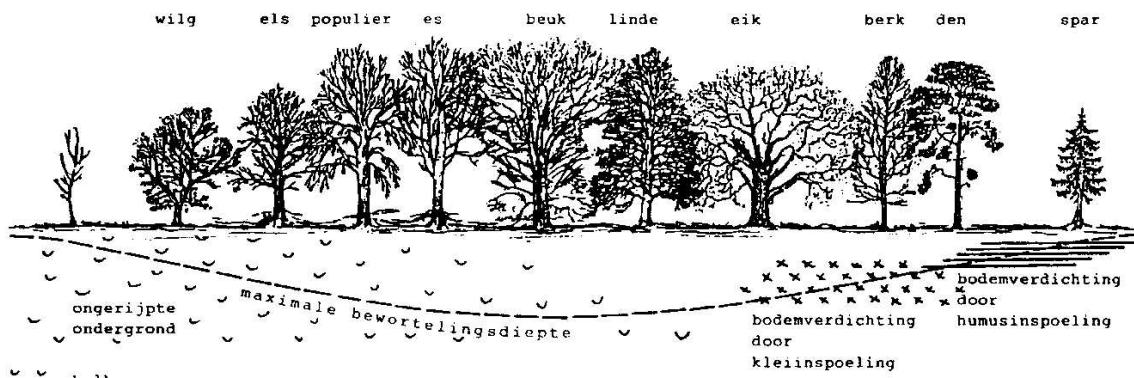
Een *Poldervaaggrond* in kalkloze jonge rivierklei in het Land van Maas en Waal (7% organische stof, 0% kalk) is een voorbeeld van een grond in de VUT. Deze grond heeft veel organische stof, maar geen kalk in de bouwvoor. Het percentage organische stof is hoog opgelopen omdat de mineralisatie sterk is afgenomen. Bij zorgvuldig beheer kun deze grond nog gebruiken voor landbouw, bijvoorbeeld als grasland. Het herstelvermogen is echter niet groot, dus zware bodembewerking en de teelt van rooivruchten is slecht voor deze bodem. Je kunt de kwetsbare structuur die in de toplaag door graswortels en organische stof is ontstaan, makkelijk verstoren. De eik is een boom die van nature op deze grond past. De eik is een grillig groeiende boom die zich goed aanpast aan de grove structuur in de bodem.

### 3.2.5 Sterven

In zeer oude gronden is de kalk tot op grote diepte verdwenen en heeft het bodemleven niet veel mogelijkheden. Door de lage pH en het gebrek aan calcium en bodemopbouwende activiteit verdwijnt de samenhang in de bodem en valt de bodem uit elkaar. Het begint met uitspoeling van kleideeltjes en in een later stadium volgt ook de humus.

*Radebrikgrond* in de Zuid-Limburgse löss (2% organische stof en 0% kalk, ook op grotere diepte) bevat geen kalk en heeft nog maar zeer weinig organische stof in de toplaag. Deze organische stof is bovendien erg instabiel en kan dus gemakkelijk uitspoelen. Op 30 tot 60 cm diepte vormt de klei, die uit de bovengrond is gespoeld, een dichte laag met blokachtige en ondoordringbare structuren. Later spoelt ook de organische stof naar deze diepte.

In het begin kunnen eiken op deze grond nog groeien. Na verloop van tijd zullen berken, naaldbomen en struiken de groei overnemen. De uitbundige herfstkleuren van de Betuwe zijn in dat stadium weer minder en de zangvogels maken plaats voor mezen.



**Figuur 3-1** De ontwikkeling van de bodem over een periode van duizenden jaren

De oudste gronden in Nederland zijn ongeveer 10.000 jaren oud. De ontwikkeling is dan nog niet helemaal afgelopen, er is bijvoorbeeld nog steeds wat organische stof. Voor landbouwproductie zijn deze gronden echter niet meer geschikt. Gras groeit er nog wel, maar erg productief is het niet. Wanneer je de grond bewerkt, bijvoorbeeld voor maïsteelt, zal deze met regen van de hellingen spoelen en met wind wegstuiven. Alleen beheerslandbouw maakt op deze grond een bestaan mogelijk waarbij de boer ook de grond ontziet.

Op nog langere duur, maar dan is de ontwikkeling van de aarde alweer een heel eindje verder, zal de grond volledig dicht gaan zitten door uitspoeling van klei en humus. Dit laatste deel van het proces kan tienduizenden jaren duren. Voor het bodemleven en voor planten is er dan weinig meer te halen. De grond kan onder veranderende klimaatsomstandigheden wegspoelen of verstuiven. Het is goed mogelijk dat gronddeeltjes op een andere plaats opnieuw een ontwikkeling doormaken. En omdat een volledige ontwikkelingscyclus 100.000

jaar kan duren, is de kans groot dat wij dat niet meer meemaken. Figuur 3-1 geeft in vogelvlucht de ontwikkeling nog eens weer. Let er op dat de tijdschaal in het begin kleine sprongen maakt en aan het eind grote sprongen.

### **3.3 Bodemontwikkeling op zandgronden**

Op *zandgronden* verloopt de ontwikkeling veel sneller. De voorraad kalk die in net afgezette zandgronden aanwezig is, is van nature zeer beperkt. Door de grote waterdoorlatendheid van de grond spoelt deze ook nog eens sneller uit. Daarnaast mis je in zandgrond de kleideeltjes die samen met humus voor de stabiliteit in de grond kunnen zorgen. Het is voornamelijk de organische stof die zorgt voor de stabiliteit van de bodemstructuur, uiteraard in samenwerking met het bodemleven.

Organische mest speelt om deze redenen op zandgrond een grotere rol in het bodemonderhoud en het sturen van de gewasgroei dan op kleigrond. Van oudsher is dat al het geval in de enk- of eslandbouw. Het aantal bemestingsmomenten is op een zandgrond vaak groter dan op een kleigrond. Dit is om er voor te zorgen dat elk gewas over voldoende voeding kan beschikken.

#### **3.3.1 De rol van de boer**

De ontwikkeling en het uiteindelijke verval van de bodem is een natuurlijk proces. Een boer of tuinder werkt op een grond die ergens in dat ontwikkelingsproces zit. Het liefst werkt hij op een grond met een stabiele structuur en een diepe doorworteling, dus zijn activiteiten zijn erop gericht om dat te bereiken. De boer probeert als het ware de bodem naar het middengebied van de ontwikkeling te trekken. Deze optimale grond kan veel verschillende behandelingen, bemestingen en teelten verdragen, zonder daardoor sterk te veranderen.

##### Voorbeeld 1

Een jonge poldergrond vraagt aan de boer om investeringen in *bodemsparende mechanisatie*. Niet alleen voor de bovengrond, maar vooral ook voor de nog kwetsbare ondergrond. De grond rijpt versneld door de kunstmatige diepe ontwatering. Diepwortelende gewassen, bijvoorbeeld de vlinderbloemigen rode klaver en luzerne, zijn zeer geschikt om de scheuren in de ondergrond te stabiliseren en de ondergrond versneld te doorwortelen. Het lage gehalte organische stof van jonge gronden heeft tot gevolg dat ook de bouwvoor gevoelig is voor structuurbederf. Daarnaast zijn daardoor de omstandigheden voor regenwormen minder gunstig.

##### Voorbeeld 2

Op een oude grond werk je aan de ondersteuning van het bodemleven via bijvoorbeeld bekalken. Het is een beetje vergelijkbaar met het calcium verrijkte melk voor oudere mensen. In beide gevallen werk je aan het skelet van het organisme. *Vaste mest* is op oude grond bedoeld voor het voeden van het bodemleven en het op voorraad houden van organische stof. Als je het in beperkte mate gebruikt, is drijfmest geschikt om stikstofbehoefte van gewassen te ondersteunen. De bodem kan deze gewassen niet altijd voldoende voeden. Daarnaast moet je de voorraad organische stof van op peil houden. Diepwoelen kan voor oude gronden zinnig zijn om de diepere lagen weer te openen.

De daarmee gemaakte kunstmatige structuur moet je met diepwortelende gewassen stabiliseren om terugval te voorkomen. Een nadeel van diepwoelen is de verdunning van de organische stof, omdat deze zich met de ondergrond vermengt.

### **3.4 Samenvatting**

Kalk is een essentiële stof voor de stabiliteit van de bodem. Kalk zorgt er voor dat de pH van de bodem niet teveel daalt en het calcium uit kalk bindt klei en humus. Van nature spoelt kalk langzaam uit de bodem. Op een jonge bodem met veel kalk is daar niet veel van te merken. Die bodem houdt veel groeikracht, en de boer moet er alles aan doen om de voorraad organische stof op peil te houden.

Na verloop van jaren daalt de kalkhoeveelheid en komt de bodem tot rust. De beworteling is dan diep en de voorraad organische stof neemt toe. Het bodemleven is volop aanwezig en is er in alle soorten en maten. Het gaat tot diep in de grond.

Wanneer de kalkvoorraad op raakt, verzuurt de grond. Het bodemleven is minder actief en de binding tussen klei en humus valt uit elkaar, omdat er geen calcium meer is om voor die binding te zorgen. Klei en humus spoelen de grond in en zetten zich wat dieper in de grond weer af. In het begin kan het bodemleven dit nog een beetje opvangen door de grond te mengen. Na verloop van tijd stopt dat. De grond wordt dan massief en ondoordringbaar.

Voor een biologische boer is de grond met veel bodemleven en diepe doorworteling ideaal. Deze grond geeft een regelmatige groei en een goede opbrengst. De voedselreserve in de grond is groot en de doorworteling is diep en intensief. Boeren op jonge of oude gronden proberen hun grond een beetje meer in de richting van het ideaal te krijgen. Dat betekent dat zij de grond een beetje versneld verouderen of een verjongingskuur geven. Verouderen kan bijvoorbeeld door te ontwateren. Verjongen kan met behulp van kalk en aanvoer van organische stof.

### **3.5 Leervragen hoofdstuk 3**

- 7 Is de bodem statisch (onveranderlijk) of onderhevig aan veranderingsprocessen? Verklaar en/of beschrijf!
- 8 Beschrijf de 'levensloop' van kleigrond in eigen woorden. Gebruik daarvoor in elk geval de volgende woorden: kalk, pH, bodemleven, afzettingen, rijping, structuur, organische stof gehalte, uitspoeling lutum, uitspoeling humus, verwerking.
- 9 Welke grond zal sneller 'verouderen' . Klei- of zandgrond. Leg uit waarom.

## 4 Zand, klei, humus en kalk

Als een boer van de zandgrond op bezoek is bij een boer op de kleigrond zegt hij vaak: “jullie hebben makkelijk praten over biologische landbouw, maar bij ons ligt het toch wel even anders. Onze grond is een stuk armer en droogtegevoeliger en we hebben veel meer last van eenjarig onkruid. En met een beetje pech hebben we ook meer last van plagen”. Om te begrijpen waarom deze boer dit zegt, vergelijken we in dit hoofdstuk zandgrond en kleigrond met elkaar.

Het skelet van de zand- en kleigronden bestaat uit zandkorrels en kleideeltjes die door kalk en humus bij elkaar worden gehouden. Over de eigenschappen van deze bestanddelen zijn boeken vol geschreven. In dit hoofdstuk komen de belangrijkste kenmerken wel kort aan de orde, maar je ziet geen uitgebreide beschrijving. Waar het vooral om gaat, is wat deze eigenschappen betekenen voor het bodembeheer.

### 4.1.1 Leerdoelen

Na bestudering van dit hoofdstuk kun je;

- eigenschappen van zand, klei, humus en kalk noemen;
- gevolgen van deze eigenschappen voor de bewerking en het gebruik van de bodem afleiden.

## 4.2 Zandgrond

Zandgrond bestaat uit kleine korrels kwarts. Wanneer graniet verweert, blijven de hardste delen, het kwarts, als laatste over. Rivieren en wind verplaatsen het kwarts om uiteindelijk zandgrond te vormen. Zandkorrels zijn 0,05 mm tot 2 mm groot. Alles boven 2 mm heet grind. Het schema in Figuur 4-1 geeft de namen die we in de Nederlandse bodemkunde gebruiken aan. ‘Zand’, ‘silt’ en ‘lutum’ (de bodemkundige naam voor klei) zijn de meest gebruikte namen. Op analyseformulieren van bodemlaboratoria vermelden ze van het minerale deel van de bodem alleen het gehalte lutum. Tot voor kort werd het gehalte afslibbaar (deeltjes van 0 tot 0,016 mm) ook gebruikt, maar dat is vervangen door het gehalte lutum (deeltjes van 0 tot 0,002 mm).

Benaming van de gronddeeltjes	Grootte
Grind	> 2000 $\mu\text{m}$
Zand	50 – 2000 $\mu\text{m}$
Leem of löss	16 – 50 $\mu\text{m}$
Slib	2 – 16 $\mu\text{m}$
Lutum of klei	< 2 $\mu\text{m}$

**Figuur 4-1** Indeling van de gronddeeltjes naar gelang hun grootte. 1  $\mu\text{m}$  is  $10^{-6}$  m is  $1/1000$  mm



#### 4.2.1 Onaantastbare kristalbrokjes

Zandkorrels zijn zeer hard en moeilijk stuk te krijgen. Verwerking door de temperatuur of door activiteit van zuren in de bodem gaat uiterst langzaam. Zand verbindt zich ook heel moeilijk met andere stoffen. Kalk of humus kunnen er wel als een dun laagje omheen zitten, maar ze verbinden zich er niet mee. Het is meer een soort er aan “hangen”. Zandgronden zijn daardoor nogal kwetsbaar. De samenhang tussen zand en humus moet het bodemleven continu verzorgen. Gebeurt dat niet, dan kan een zandgrond snel zijn samenhang verliezen. Dat is merkbaar aan een slechtere structuur en op langere termijn aan verlies van vruchtbaarheid.

Door de grofkorrelige structuur kan zandgrond water snel afvoeren; het loopt er makkelijk tussendoor. Mineralen die vrij in de grond aanwezig zijn, kunnen met dit water naar diepere grondlagen spoelen en daardoor buiten het bereik van het gewas terechtkomen. Dit maakt zand gevoelig voor mineralenverlies. In de mestwetgeving gelden voor de zandgronden dan ook andere verliesnormen dan op de kleigronden (kun je aangeven waarom?)

Vrije mineralen spoelen in een zandgrond dus makkelijker weg dan op kleigrond. Daar komt nog bij dat een zandgrond relatief veel vrije mineralen heeft. De mineralen uit mest, vooral het kalium, kunnen zich niet binden aan het zand (waarom niet?), waardoor ze vrij in de bodem zitten. Alleen binding aan humus of opname door bodemleven of het gewas kan uitspoeling voorkomen. Nitraat kan zich evenmin binden aan zand, maar ook slecht aan humus (waarom?), en zal dus ook makkelijk uitspoelen als het niet door het bodemleven wordt opgenomen en vastgelegd.

Door de losse structuur van zand kunnen insecten, zoals wortelvlieg en uienvlieg makkelijk eieren leggen en kunnen larven makkelijk bewegen. Zaadonkruiden ontkiemen op een zandgrond erg makkelijk.

Tegenover de nadelen staat als voordeel dat een zandgrond snel opdroogt. In het voorjaar is hij snel bewerkbaar en warmt hij snel op. Omdat een boer voor de plantenvoeding voor een belangrijk deel afhankelijk is van de vertering van organische stof, ofwel de mineralisatie, is dat gunstig. In de zomer zal de mineralisatie verminderen door droogte. In het najaar gaat de mineralisatie niet zo lang door als op kleigrond (waarom niet?). Zandgrond heeft daardoor een typisch voorjaarskarakter. Mest hoeft je niet zoals op klei in het najaar in te werken. Bemesten en ploegen doe je pas aan het einde van de winter. Dit beperkt het risico van mineralenverlies door uitspoeling.

#### 4.2.2 Kalk- en humusbehoefte

Kalk en humus kunnen zanddeeltjes bij elkaar houden. Bodemleven is daarbij onmisbaar, omdat dit voor de vermenging en verkleefing zorgt. De Nederlandse zandgronden zijn meestal al oud en daardoor kalkarm. Dit is ongunstig voor het bodemleven en ongunstig voor de samenhang van de deeltjes, waardoor zandgrond over het algemeen kwetsbaar is.

Zandgrond kan snel van karakter veranderen als je met kalk of organische stof aan verbetering werkt. Een stijging van het percentage organische stof zal op zand veel sneller invloed hebben dan op klei. Dit komt deels doordat de korrelstructuur van zand makkelijk te beïnvloeden is. Het komt ook omdat een liter zandgrond minder zwaar is dan een liter kleigrond, dus heeft dezelfde dosis organische stof op zandgrond meer invloed dan op een kleigrond.

In de naamgeving is de invloed van humus op zandgrond terug te herkennen. Zandgrond met 2,5 tot 5% organische stof heet bodemkundig “matig humeus”. Zware kleigrond moet 4 tot 8% organische stof bevatten om “matig humeus” te heten.

### 4.3 Kleigrond en zavelgrond

Om te beginnen moeten we even een mogelijke verwarring in woordgebruik uitsluiten: kleigrond is niet hetzelfde als *klei* of *kleideeltjes*. Kleigrond is een mengsel van kleideeltjes, zanddeeltjes, humus en kalk. Kleigrond noemen we vaak kortweg “klei”, omdat de kleideeltjes voor een belangrijk deel de eigenschappen van de grond bepalen. In dit hoofdstuk zeggen we *kleigrond* als het om de grondsoort gaat en *kleideeltje* als het speciaal om het deeltje en de eigenschappen daarvan gaat. *Klei* gebruiken we als korte term voor *kleideeltjes*. Een andere naam voor klei of kleideeltje is *lutum* of *lutumdeeltje*. Lutum gebruiken we bijvoorbeeld sinds kort op bodemanalyseformulieren om de zwaarte van de grond aan te geven.

#### 4.3.1 Heel klein, maar wel sterk.

Kleideeltjes zijn die minerale deeltjes in de bodem die 0 tot 0,002 mm groot zijn. Dat is zo klein dat je een microscoop met een flinke vergroting nodig hebt om ze te kunnen zien. Klei is ontstaan uit chemische verwerking van gesteente, bijvoorbeeld graniet. Dit gesteente is in de loop van de ontwikkeling van de aarde vergruisd en opgelost. De opgeloste mineralen zijn vervolgens weer samengebonden: de kleideeltjes. In tegenstelling tot zandkorrels, die door mechanische krachten zijn gevormd, zijn kleideeltjes dus chemisch gevormd. Kalium is een belangrijke bouwsteen van kleideeltjes. Verder zit er onder anderen aluminium (Al) en kiezel (Si) in.

#### 4.3.2 Chemisch negatieve activiteit

Door de chemische vorming hebben kleideeltjes een regelmatige, kristalachtige structuur. Door die structuur ontstaan er kleine elektrische krachten in het deeltje. Aan de buitenkant zijn ze daardoor licht negatief geladen, in de kern licht positief. Omdat de negatieve kracht aan de buitenkant zit, bepaalt deze kracht de eigenschappen van het deeltje. Kleideeltjes stoten elkaar daardoor bijvoorbeeld onderling af. Positieve mineralen zoals opgelost calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), kalium ( $\text{K}^+$ ) of magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) kunnen zich aan de negatieve kleideeltjes binden. Ze zijn ook in staat om een brug tussen twee kleideeltjes te vormen en op die manier de structuur te stabiliseren. Humus kan zich eveneens via  $\text{Ca}^{2+}$  aan klei binden. In dat geval ontstaat het zeer stabiele *klei-humuscomplex*.

Door de mineralen binding van kleideeltjes speelt kalium op een kleigrond veel minder snel uit dan op een zandgrond. Dit geldt ook voor alle andere positief geladen mineralen. Dat is gunstig, want kleigronden bemest je met name in de biologische teelt in het najaar met organische mest, dus de voedingsstoffen in die mest krijgen nog een lange natte winter te verdueren. De kleideeltjes voorkomen dan dat het water de mineralen meeneemt.

#### 4.3.3 Kleigrond

Kleigrond is grond waarbij voornamelijk de kleideeltjes de eigenschappen bepalen. Het is grond met een groot aandeel kleine deeltjes waardoor hij bij bewerking veel weerstand biedt. De grond bewerkt zwaar. De grond is ook letterlijk zwaar, in gedroogde toestand ongeveer 1,4 kg per liter. Zandgrond weegt droog ongeveer 1,2 kg per liter. Alle gronden met meer dan 25% kleideeltjes, noem je kleigronden. Boven de 35 % kleideeltjes is het al zware klei. Gronden met 100% klei komen in Nederland niet voor.

Het is opvallend dat een grond al een kleigrond is als er 25% kleideeltjes inzitten. Dan zijn er namelijk altijd nog 75% andere bestanddelen en aanwezig, voornamelijk slib en zand. Kleideeltjes hebben echter zulke sterke bepalende eigenschappen dat ze de grond het sterkst beïnvloeden. De eigenschappen van een grond met veel klei kun je daarom ook niet snel veranderen. Toevoegen van zand of organische stof heeft alleen invloed als dat in grote hoeveelheden gebeurt. De plaatjesstructuur van klei in combinatie met de zeer kleine deel-

tjes, maakt kleigrond zwaar en compact. Humus en kalk zorgen voor opvulling van de open ruimtes, zodat water- en luchttransport mogelijk is.

#### **4.3.4 Zavelgrond**

Zavelgrond zit tussen zandgrond en kleigrond in. Het is een grond met een klein percentage kleideeltjes, tussen de 8 en 25 %. Het aandeel zand en slib is in deze grond hoger dan in een kleigrond. Zavelgrond combineert de gunstige eigenschappen van zandgrond met die van kleigrond. Het is dus enerzijds een grond die relatief makkelijk water doorlaat en die je daardoor weer snel kunt bewerken na een regenperiode. Aan de andere kant zorgen de kleideeltjes ervoor dat de grond mineralen kan binden. In droge tijden zorgt de klei ervoor dat water uit de ondergrond goed omhoog kan komen, in natte tijden zorgt het zand voor een voldoende open structuur om water snel af te voeren. Een grond met veel gebruiksmogelijkheden dus!

Een nadeel van zavelgrond is de slempgevoeligheid. Slemp houdt in dat de bovenlaag van de grond dichtslaat door regenval. Door het grote aantal oppervlakkige bewerkingen bij het schoffelen en eggen, is de samenhang in de toplaag van de grond soms minder goed. Bij regenbuien kan daardoor makkelijk slemp ontstaan, waardoor eggen of schoffelen misschien opnieuw nodig is om er voor te zorgen dat er weer lucht in de bodem kan. Een goede verzorging van de grond via het bodemleven en via gewassen met structuurverbeterende eigenschappen helpt om slemp te voorkomen.

### **4.4 Humus en kalk**

Humus en kalk zijn de bindende elementen in de bodem. Ze zijn dit in de ruimste zin van het woord. Letterlijk zijn ze dit omdat zo de klei- en zanddeeltjes aan elkaar hechten. In ruimere zin zijn ze bindend omdat ze de basis vormen van het leven in de bodem. Kalk zorgt ervoor dat de zuurtegraad van de bodem voldoende hoog is om bodemleven mogelijk te maken. Humus is de voedselvoorraad van het bodemleven.

#### **4.4.1 Humus**

Humus is een complexe en vooral stabiele organische stof. Het is daardoor de basis van de bodemvruchtbaarheid in de landbouw. Humusdeeltjes die lang overleven kunnen 200 tot 8000 jaar onveranderd in de bodem aanwezig zijn. In bodems onder water kan dit nog langer zijn, wel tot 17.000 jaren! Het maakt niet uit of de tropische bananenpalm of de granen in Nederland worden omgezet in humus. In beide gevallen ontstaan stoffen met dezelfde structuur en dezelfde eigenschappen. Humus is een belangrijk deel van het voedsel van het bodemleven en via die weg een belangrijke bron van plantenvoeding. Naarmate een bedrijf langer biologisch werkt, zal het meer gebruik gaan maken van de voedselvoorraad in de humus. Dat heeft tijd nodig, omdat het bodemleven op gang moet komen. De mestgift richt je in die situatie meer op het onderhouden van de humusvoorraad en het stimuleren van het bodemleven en minder op het direct voeden van de plant.

Naast voeding zorgt humus voor structuur en samenhang in de bodem. Het voert overtollig water af, houdt water vast bij droogte, zorgt voor binding tussen de minerale delen en speelt een rol in het verminderen van de overlevingskans van ziekten in de bodem, dus de lofzang op de waarde van humus is niet zomaar.

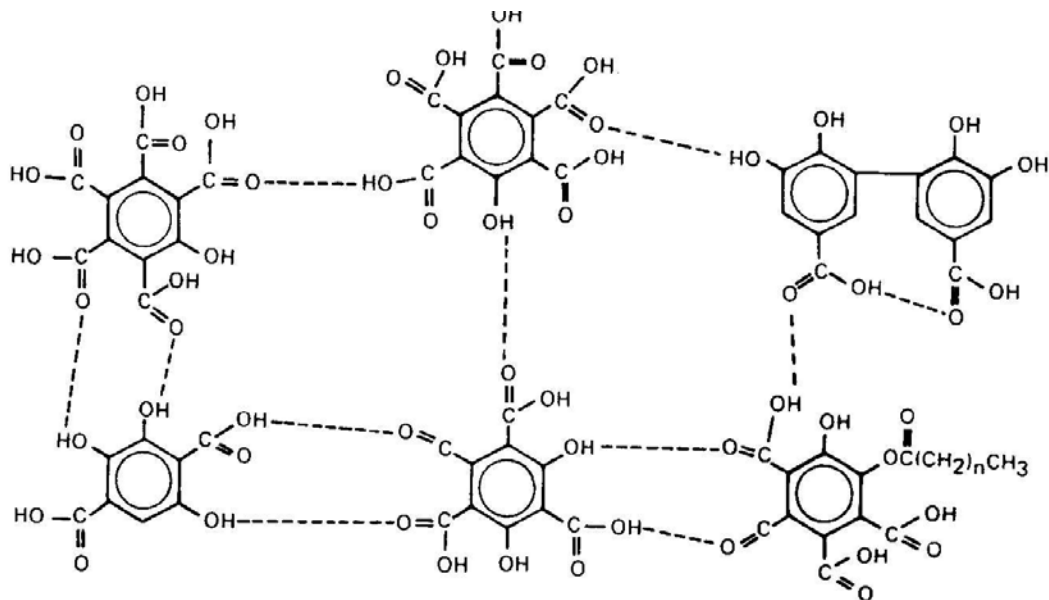
#### **4.4.2 Humusopbouw**

Humus is een organische stof die uit organische resten is opgebouwd. Dit zijn vooral gewasresten, groenbemesters en organische mest. Ook afgestorven bodemleven wordt wel in

humus opgenomen. Het bodemleven vormt de humus, waarbij wormen en springstaarten de belangrijkste humusvormers zijn. De uitscheidingsproducten die ontstaan bij het verteren van eiwitten en koolhydraten bevatten veel humus.

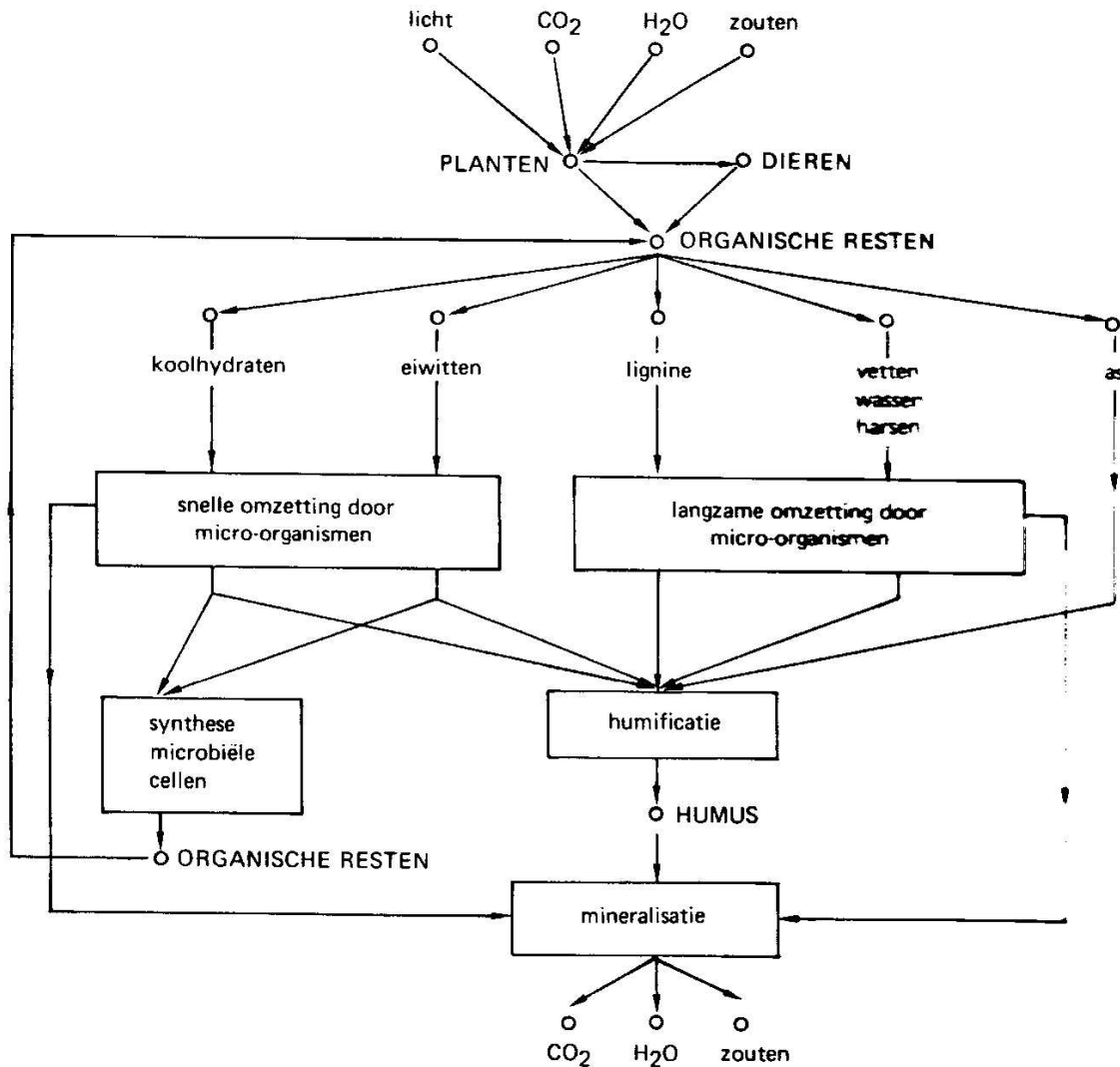
De oorspronkelijke vorm van de organische stof, bijvoorbeeld loofresten van het gewas, is in humus bijna niet meer terug te herkennen. Humus is een nieuw gevormde stof met een zeer herkenbare structuur. Het heeft lange ketens van ringvormige verbindingen. Dit is in de organische chemie bekend als een structuur die erg stabiel is.

Het aantal combinaties van chemische structuren is enorm groot. Het is een beetje vergelijkbaar met eiwitten, waar ook een eindeloos aantal varianten van bestaat. Het skelet van humus bestaat uit koolstofatomen die op de hoekpunten van de zeshoeken zitten. Daaraan zitten verbindingen met veel koolstof, waterstof en zuurstof, maar ook met alle andere mineralen die in de bodem voorkomen en die de voeding van het gewas vormen. Zo bestaat humus bijvoorbeeld voor vier tot vijf procent uit stikstof.



**Figuur 4-2** Deel van de chemische structuur van humus.

In humus zitten veel COOH-groepen. Deze chemische structuur is in staat om positieve ionen ( $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  etc) te binden. Daardoor kan humus mineralen vasthouden en kan het die mineralen gebruiken als een soort brug om een verbinding aan te gaan met kleideeltjes. Dit klei-humus complex is een zeer stabiele structuur in de bodem. De pH beïnvloedt de capaciteit om mineralen te binden. Bij een lage pH is de mineralenbinding slechter dan bij een hoge pH, omdat de  $H^+$ -deeltjes concurreren met de ionen.



**Figuur 4-3** Schematische voorstelling van de processen die een rol spelen bij de opbouw en afbraak van humus (Bron: Bodemkunde van Nederland)

Voor bacteriën is humus een soort “ruilsupermarkt” van ionen. Wanneer ze ionen kunnen gebruiken, halen ze die van de humus af. Wat ze over hebben, gaat weer terug. Deze bindende activiteit van humus komt ook naar voren bij bodemverontreiniging. Humus kan zware metalen zodanig vastleggen dat ze geen problemen meer geven. In de bodemsanering maakt men hier gebruik van. Ook radioactieve stoffen worden wel via deze weg vastgelegd. Dit ontdekte men in radioactief besmette gebieden zoals bij Tsjernobyl. Een bijzonder stofje dus!

#### 4.4.3 Meerdere soorten humus

Op kalkrijke gronden met een rijke vegetatie ontstaat *mull-humus*. Dit is een voedselrijke en zeer stabiele vorm van humus. Wormen en bacteriën zijn de belangrijkste vormers van deze humus. Mull-humus komt vooral voor op bouw- en grasland op klei- en zavelgronden, omdat deze vaak kalk bevatten. Organische resten zetten op deze gronden snel om.

Wanneer de grond zuurder is en de vegetatie armer ontstaat *moder-humus*. Deze humus is minder stabiel en voedselrijk dan mull-humus. Het is de soort humus die bij het werken op zandgronden tot diep in de poriën van je handen kan dringen waardoor ze snel zwart kleu-

ren. Schimmels en springstaarten zijn belangrijke bodemorganismen die actief zijn bij de vorming van deze humus. Moder-humus zit als een soort kit rond de zandkorrels, maar de binding daarmee is zwak. Bij verzuring van de bodem of verwaarlozing van het bodemleven kan deze humus makkelijk uitspoelen.

In de biologische landbouw spreken we ook wel over voedingshumus. De humus die we hiervoor hebben besproken, breekt zeer langzaam af. De afbraak (ook mineralisatie genoemd) is ongeveer 2 tot 5% per jaar. Voedingshumus is een makkelijker afbreekbare vorm van humusachtige organische stof. Het zit een beetje tussen vers organisch materiaal en stabiele humus in. De jaarlijkse afbraak van voedingshumus is 5 tot 30%. Van vers organisch materiaal breekt in het eerste jaar al 50 tot 80% af, dus dat verteert nog veel sneller

Vooraf bij het gebruik van organische mest speelt voedingshumus een belangrijke rol. Als je tien jaar lang jaarlijks bemest met stalmest zal slechts 20% van de organische stof van die mest aanwezig zijn als stabiele humus. 60% behoort tot de voedingshumus en 20 % behoort nog tot de jonge of verse organische stof. Mineralisatie van deze middenvorm van organische stof levert daardoor een grote bijdrage aan de beschikbare voeding voor het gewas. Verwaarlozing van de organische bemesting veroorzaakt in die situatie in het begin een snel verval van het gehalte organische stof.

#### **4.4.4 Humusopbouw en humusafbraak**

Humusvorming (humificatie) en humusafbraak (mineralisatie) vinden gelijktijdig in de bodem plaats. Humusafbraak gaat snel bij hogere temperatuur in de bodem, boven 10°C. Humusopbouw vindt dan ook wel plaats, maar de humusafbraak overheerst. Bij een lage bodemtemperatuur heeft de humusopbouw de overhand.

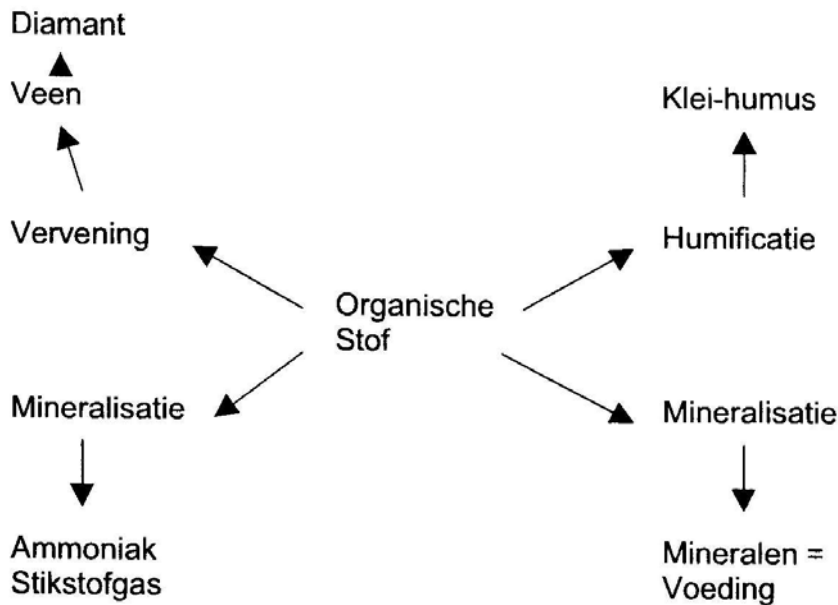
De afwisseling in humusopbouw in de koude seizoenen en afbraak in het groeiseizoen zorgt er voor dat de bodem in ons klimaat zeer stabiel en tegelijkertijd zeer productief kan zijn. Een afwisseling van gewassen die het ene jaar bijdragen aan bodemopbouw, bijvoorbeeld vlindebloemigen of granen, en het andere jaar interen, bijvoorbeeld uien, kan heel goed in ons klimaat. Een bodem in de tropen zal door de hoge temperatuur veel sneller interen. Daar is zonder aanvulling in enkele jaren de voorraad organische stof opgebruikt.

Een nadeel van ons klimaat is in de afgelopen tientallen jaren gebleken. De achteruitgang van de bodem door bijvoorbeeld kunstmestgebruik gaat langzaam en in het begin ongemerkt. De bodem kan nog lang teren op de in opgebouwde bodemvruchtbaarheid. Het viel de boer op de zware grond wel op dat een nieuwe trekker zwaarder moest zijn dan de oude, om dezelfde ploeg door de grond te krijgen. Dat dit onder andere door het langzaam maar zeker teruglopende humusgehalte kwam, begreep hij pas na lange tijd. Omgekeerd duurt het ook zeer lang om de bodem op te bouwen. Organische stof opbouwen in de bouwvoor is iets wat je vooral voor je opvolgers doet, tenzij je een nog jonge boer bent. Dan merk je er zelf ook nog wat van.

#### **4.4.5 Andere wegen voor organische stof**

Humus is een belangrijk eindproduct van omzettingen van organische stof. De organische stof kan echter ook nog andere wegen volgen. Onder zuurstofarme omstandigheden, bijvoorbeeld in een waterrijk gebied kan de organische stof vervenen. Wanneer dit veen in de loop van de geschiedenis bedekt wordt door dikke grondlagen, kan het via een aantal tussenstappen, waarbij grote druk en hoge temperatuur noodzakelijk zijn, zelfs omvormen in diamant.

Onder zuurstofrijke omstandigheden vindt mineralisatie van de organische stof plaats. Dit is ook in het voorgaande aan de orde gekomen. Mineralisatie levert in principe plantenvoedingsstoffen op. Het kan echter ook ammoniak en stikstofgas opleveren. Deze vervluchtigen uit de bodem

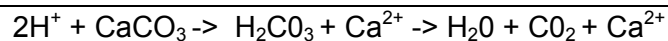


**Figuur 4-4** De verschillende wegen waarlangs organische stof kan worden vastgelegd en afgebroken

#### 4.4.6 Kalk

Kalk in de eenvoudigste vorm is calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ). De rol van kalk is drieledig. Het calcium in kalk is een voedingsstof voor planten en doet dienst als structuurvormend element in de bodem. Het carbonaat draagt bij aan het tegengaan van verzuring.

Voor een goede structuur moet de pH van de bodem niet te laag zijn. Een lage zuurgraad betekent dat er veel zuurdeeltjes ( $\text{H}^+$ ) aanwezig zijn. Deze concurreren met  $\text{Ca}^{2+}$ . Daarnaast is een lage zuurgraad slecht voor de ontwikkeling van bodemleven. Voor klei is een pH boven 6,0 wenselijk, voor zand moet de pH liever niet onder 5,0 komen. In een zure bodem zit een overmaat aan zuurdeeltjes ( $\text{H}^+$ ) in het bodemvocht en gebonden aan klei en humus. Kalk reageert met zuren in de bodem volgens de volgende reactie:



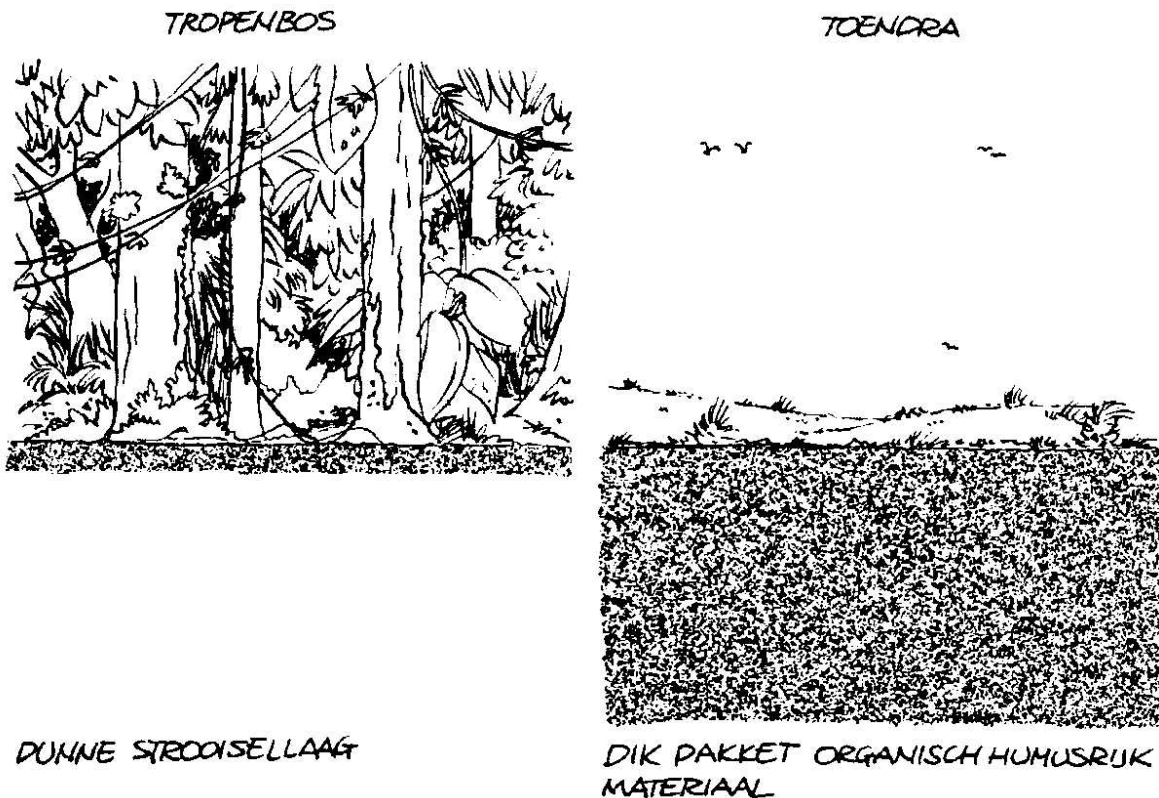
Het zuur wordt geneutraliseerd en er ontstaan water en koolzuur als eindproducten.  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (waterstofcarbonaat) is een tussenstof die niet stabiel is. Iedereen komt het bijna dagelijks tegen, want het zit ook in frisdrank. Bij het open draaien van de fles ontstaat  $\text{CO}_2$ , omdat de  $\text{H}_2\text{CO}_3$  uiteen valt. Het calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) uit de opgeloste kalk blijft achter in de grond en kan zich binden aan humus en klei.

#### 4.4.7 Bekalken

Met het bekalken van een zure grond sla je dus twee vliegen in een klap. Het meest bekende gevolg is verhoging van de pH, omdat een deel van het zuur wordt geneutraliseerd. Dit is

gunstig voor de ontwikkeling van het bodemleven en dus voor de verbetering van de bodemstructuur. Het is echter net zo belangrijk dat het calcium dat overblijft de plaats inneemt van de  $H^+$  deeltjes en daardoor de structuur stabiliseert.

Omdat zuurdeeltjes gebonden zitten aan humus en klei houd je in een bekalkingsadvies ook rekening met het percentage organische stof en het gehalte lutum. Hoe meer lutum, hoe meer zuurdeeltjes zich daaraan binden, dus hoe meer zuur moet worden geneutraliseerd om de pH op de gewenste hoogte te krijgen. Dit leidt tot een hogere adviesgift voor kalk.



**Figuur 4-5** Het verschil tussen een tropisch bos en de toendra met betrekking tot de organische stof in de bodem en die boven het maaiveld.



## 4.5 Samenvatting

Een optimale grond is opgebouwd uit zand, klei, humus en kalk. Zand zorgt voor het grove skelet en een losse structuur. Klei zorgt voor het vasthouden van water en mineralen. Humus en kalk zijn het cement tussen klei en zand. Dit cement is poreus en voedselrijk, zodat bodemleven of plantenwortels zich er goed door kunnen verplaatsen. Wanneer humus afbreekt, levert het plantenvoeding. Voor biologische telers gaat een belangrijk deel van de gewasvoeding via humus.

Zodra één van de vier elementen ontbreekt is een grond niet optimaal. Een grond zonder zand is zeer compact. Wortels kunnen er moeilijk doorheen en ook het bodemleven heeft het dan zwaar. Klei is een element dat goed in staat is om water en mineralen te binden. Humus is de voedselvoorraad voor het bodemleven en het gewas. Het zorgt voor de veerkracht in de bodem en werkt als een spons op water. Het kan water vasthouden en transporteren. Kalk is zeer essentieel, omdat het de zuurgraad beïnvloedt en omdat het calcium uit kalk het bindende element tussen klei en humus is.

### Nederland tussen tropen en toendra

Het gematigde klimaat in onze regio is door de variatie in bodemtemperatuur zeer geschikt voor landbouw als je het beoordeelt vanuit de humusvorming. Om dit te illustreren is een vergelijking met warme en koude gebieden boeiend. In het tropenbos is het vochtig en warm. Organisch materiaal dat daar in de bodem terechtkomt, breekt zeer snel af. Voor een deel verandert het direct in mineralen, die weer door het gewas worden opgenomen. Een ander deel vormt humus, maar ook de humus breekt al snel weer af door de enorme activiteit van het bodemleven. Daardoor zit het grootste deel van de organische massa in het levende deel van het tropenbos. Het is een enorm pakket bomen, struiken en kruiden, maar wanneer je gaat graven blijkt de bodem zeer oppervlakkig te zijn. Wanneer je deze grond voor landbouw gebruikt, zal de bodemreserve in 2 tot 3 jaar zijn verteerd. Zonder zeer zorgvuldig beheer is de grond dus snel opgebruikt. In biologische landbouwsystemen werken boeren daarom zeer veel met compostering om het beschikbare organische materiaal optimaal te benutten.

De toendra is een gebied waar de situatie net omgekeerd is. De plantengroei is minimaal en bestaat voor een groot deel uit mossen en kruiden. De bodemtemperatuur is altijd laag, waardoor humusvorming de overhand heeft. De toendrabodem groeit daardoor in de loop van duizenden jaren uit tot een meters dik pakket organisch materiaal en humus. Het overgrote deel van de organische massa zit dus in de grond.

In Nederland hebben we in de zomer een beetje een tropenklimaat, waarbij de humusafbraak de overhand heeft. Als de bodem in het najaar afkoelt, neemt de activiteit van het bodemleven af en krijgen we een milde versie van het toendraklimaat. De humusvormende bacteriën blijven bij lage temperatuur actiever dan de bacteriën zodat in het najaar en eventueel in de winter humusopbouw plaats kan vinden. Bij zorgvuldig bodembeheer moet de bodem voldoende organische stof krijgen om de humusafbraak die in de zomer plaatsvindt, weer aan te vullen.

## 4.6 leervragen hoofdstuk 4

- 10 Waaruit bestaat het skelet van de zand en kleigronden en hoe wordt het bij elkaar gehouden?
- 11 Waaruit bestaan zandkorrels. Waaruit zijn ze ontstaan?
- 12 Is *percentage afslibbaar* hetzelfde als *percentage lutum*?
- 13 Noem twee belangrijke functies van humus in zandgrond.
- 14 Geef enkele kenmerkende verschilpunten aan in het beheer van oude kleigronden ten opzichte van het beheer van jonge kleigronden.
- 15 Op welke grondsoort zal de mineralisatie in de herfst het langst doorgaan, zandgrond of kleigrond?
- 16 Wanneer kun de vaste mest het beste op het land brengen als je op een zandgrond zit? Motiveer je antwoord!
- 17 Dezelfde vraag, maar nu voor kleigrond?
- 18 Hoe komt het dat de structuur van zandgronden met het toevoegen van humus gemakkelijker kan worden veranderd dan die van kleigronden?
- 19 Geef het verschil aan tussen *klei* en *kleigrond*. Geef ook aan waarom toch vaak *klei* wordt gezegd terwijl er eigenlijk *kleigrond* wordt bedoeld.
- 20 Waarvan zijn kleideeltjes afkomstig en hoe zijn ze ontstaan. Zijn zanddeeltjes op dezelfde manier ontstaan?
- 21 Noem een aantal belangrijke bouwstenen van kleideeltjes.
- 22 Beschrijf de rol van kalk met betrekking tot de stabiliteit/structuur van kleigrond.
- 23 Hoe zijn de zanddeeltjes ontstaan? En hoe zijn kleideeltjes gevormd. Wat zijn de kernwoorden om het vormingsproces te typeren?
- 24 Welke bodem heeft een groter vochtvasthoudend vermogen, een bodem die 10 afslibbaar is of een bodem die 10 procent lutum heeft?
- 25 Wat geeft aan zandgrond de samenhang?
- 26 Hoe komt het dat zandgronden uitspoelingsgevoeliger zijn dan kleigronden.
- 27 Wat is de reden dat op Terschelling de mest vanouds in het voorjaar werd opgebracht terwijl op het noordelijke vasteland van Fryslân de vaste mest in het najaar op het land werd gebracht?
- 28 Waarom zal het opbrengen van een bepaalde hoeveelheid organische stof op zandgronden een groter effect hebben dan op kleigronden?
- 29 Hoe komt het kalium, calcium en magnesium in klei beter worden vastgehouden dan in zand?
- 30 Hoe verklaar je dat kalk een stabiliserende of samenbindende invloed heeft op kleideeltjes?
- 31 Wat is het verschil tussen kleigrond en zavelgrond?
- 32 Wat zijn de eigenschappen van zavelgrond? Kun je dat verklaren?