

Theoriebundel

Bodem

Onderzoeker Natuur & Milieu/ Milieu-inspecteur
IBS 1 – Je Natuurlijke Leefomgeving

Auteur: Piet de Jongh

Aanpassingen: Wiet van Bragt

Versie: augustus 2019



MB0 Den Bosch



Inhoud

1. Bodem en Grond

- 1.1 Inleiding
- 1.2 Wat is een bodem
- 1.3 Bodemdeeltjes
- 1.4 De organische bestanddelen van de bodem

2. Het grondwater

- 2.1 Inleiding
- 2.2 Capillaire opstijging
- 2.3 De grondwaterstand

3. Het bodemprofiel

- 3.1 Inleiding
- 3.2 Bodemvorming

4. Kennismaken met de bodem

- 4.1 Inleiding
- 4.2 Bodemonderzoek in het veld
- 4.3 Bodemonderzoek op het laboratorium

5. Bodemkwaliteitsnormen

- 5.1 Inleiding
- 5.2 De milieukwaliteit van onze bodem
- 5.3 Toetsingswaarden voor de milieukwaliteit van de bodem
- 5.4 De bodemstructuur als maat voor de bodemkwaliteit

6. Het bodemvoedselweb

- 6.1 Inleiding
- 6.2 Bodemvoedselweb
- 6.3 Bodemleven

Hoofdstuk 1 Bodem en grond

1.1 Inleiding

In ons land komen verschillende grondsoorten voor. Er is meer dan zand alleen. Bodemeigenschappen en de aard van het materiaal waaruit de bodem is samengesteld, hebben een grote invloed op bijvoorbeeld het leven dat er zich op en in afspeelt. Daarom is het van belang dat je de belangrijkste grondsoorten kunt herkennen en iets weet van hun eigenschappen.



Figuur 1.1 De bovenste bodemlaag

1.2 Wat is een bodem?

Technisch gesproken bestaat de bodem uit alle losse minerale en organische materialen in de bovenste laag van de aardkorst. Je kunt de aarde vergelijken met een appel. Schil je 75% van de schil eraf, die het water vertegenwoordigt, en nog eens 15%, die de woestijnen en de bergen voorstelt en land dat te heet, te koud, te nat of te steil is om planten te laten groeien, dan blijft er nog 10% over. Dat zijn de bodems die wel geschikt zijn voor planten: bodems met de benodigde fysische, chemische en biologische eigenschappen. Steden, wegen en andere door mensen gemaakte infrastructuur (deze worden trouwens in de regel op de vruchtbaarste bodems gebouwd) hebben ook allemaal voetafdrukken die het oppervlak van bruikbare bodems nog verder terugdringen.

Op het moment zijn we echter vooral geïnteresseerd in dat piepkleine strookje appelhuid dat onze leefomgeving moet voorstellen. Hoe kwam het daar? Wat is het? Waarom kunnen er planten groeien?

In onze opleiding gaan we op twee manieren naar de bodem kijken en deze onderzoeken. Ten eerste zijn we als bodemkundigen benieuwd naar de milieukwaliteit. Op een bodem moet je bijvoorbeeld kunnen wonen, spelen en tuinieren. Daarbij ga je er van uit dat de bodem schoon en veilig voor je gezondheid is. Vieze handen en wat stof inademen mogen je gezondheid niet aantasten. We gaan in het milieu-onderzoek kijken naar wat een schone bodem is en welke eisen we er aan mogen stellen.

Bodems in de natuur moeten natuurlijk ook schoon zijn maar hier kijken we toch even wat verder. In natuurlijke gebieden en op plaatsen waar we voedsel produceren gelden ook zaken als bodemvruchtbaarheid, bodemleven, het water in de bodem en nog veel meer meetbare variabelen als de zuurgraad, het zoutgehalte van het grondwater en de hoeveelheid lucht tussen de bodemdeeltjes. Al deze variabelen bepalen wat er op de bodem groeit en welke functies deze voor ons kan vervullen.



1.2 Bodemonderzoek begint met kijken en voelen.

1.3 De bodemdeeltjes

De bodem vormt een zeer ingewikkeld geheel. Zij bestaat uit allerlei verschillende stoffen en organismen met elk hun specifieke eigenschappen. Het goed beheren van de bodem is daarom niet makkelijk en een forse verstoring ervan is niet zomaar één-twee-drie op te lossen. Hoe je een verontreiniging moet aanpakken hangt dus erg af van de grondsoort die je voor je hebt. Laten we eerst eens kijken naar de eigenschappen van de verschillende grondsoorten die je tegen kunt komen.

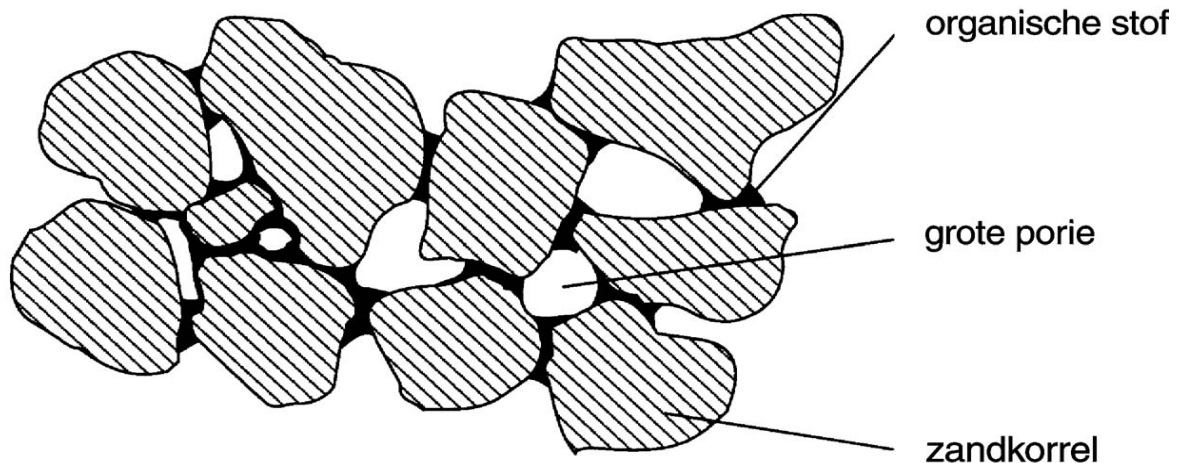
Vaak worden de begrippen bodem en grond door elkaar gehaald. Voor de duidelijkheid lichten we ze eerst toe:

grond = losse gronddeeltjes, bijvoorbeeld in een grondmonster of een hoop metselzand;

bodem = grond in natuurlijke ligging, dat wil zeggen gronddeeltjes waar de natuur (bv. regen, planten, bodemdierpjes) reeds enige tijd invloed op gehad heeft.

Samenstelling van de bodem: gronddeeltjes

Globaal gezien bestaat grond uit minerale deeltjes (zand, en/of klei), lucht, water (met daarin opgeloste stoffen), (dode) organische stof, plantenwortels, micro-organismen en bodemdiertjes.



1.3 Een luchtige zandgrond

Zand, leem, kleideeltjes en/of (dode) organische stof vormen het skelet van de bodem: bijvoorbeeld zandkorrels die op elkaar gestapeld zijn en door een beetje organische stof op hun plaats gehouden worden. Tussen die deeltjes zitten kleinere en grotere holtes: poriën. In die holtes zit lucht en water.

Enkele eigenschappen van minerale gronddeeltjes

In Nederland zijn de vaste bestanddelen in de bodem voornamelijk zanddeeltjes, löss-/leemdeeltjes, kleideeltjes en organische stof. De losse gronddeeltjes zijn door verwerking of afbraak ontstaan uit gesteente. Vandaar dat ze minerale bestanddelen genoemd worden. De grootte van de deeltjes wordt gebruikt om ze in klassen in te delen. Die indeling wordt weer gebruikt om gronden te onderscheiden.

Korrelgrootte of textuur

Wat maakt de textuur uit? De grootte van de deeltjes heeft alles te maken met hun oppervlak en het oppervlak van de porieruimten tussen de individuele deeltjes. Klei heeft een enorm oppervlak als je het vergelijkt met zand. Silt zit daar tussenin. Klei heeft kleinere poriën tussen de deeltjes, maar veel grotere aantallen, dus het oppervlak van de poriën in klei is groter dan die van silt, en die is weer groter dan die van zand. Organische stof bestaat uit minuscule deeltjes die, net als klei, een enorm oppervlak hebben waar voedingsstoffen voor planten zich aan kunnen hechten waardoor ze niet uitspoelen.

Alle bodems hebben een textuur en ze kunnen allemaal in een categorie geplaatst worden afhankelijk van hoeveel zand, silt en klei erin zit.

De grootte van de gronddeeltjes wordt bepaald door hun diameter. Deze diameter is vaak veel kleiner dan 1 mm. Daarom kom je nogal eens de eenheid micrometer tegen. Eén micrometer of μm is een duizendste millimeter. Dus 1 μm is 0,001 mm.

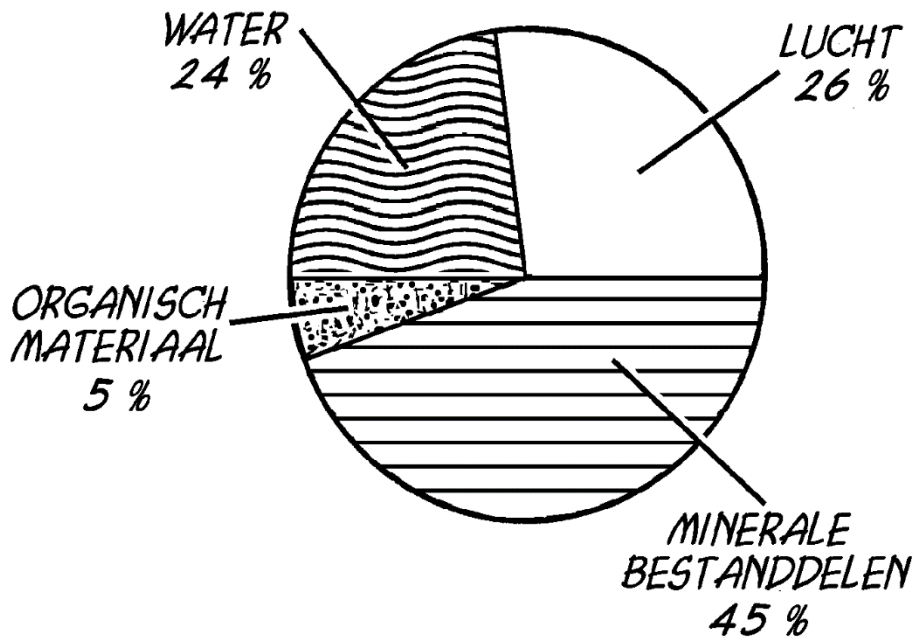
De gronddeeltjes worden op basis van hun diameter in vier fracties ingedeeld (NEN5104):

1. Zand, vrij grof: 63 - 2000 μm
2. Silt: 2 - 63 μm
3. Lutum of klei, de kleinste gronddeeltjes: 0 tot 2 μm
4. Leem of löss, fijner dan zand: 0 - 63 μ

Deeltjes groter dan 2 mm (2000 μm) worden grind genoemd.

Bodemtextuur heeft niets met de samenstelling van de deeltjes zelf te maken. Als je bijvoorbeeld denkt dat de term 'zand' slaat op deeltjes die van kwarts gemaakt zijn, dan heb je het mis. Het is waar: de meeste zanddeeltjes bestaan uit kwarts. Maar ieder gesteente kan verwerken tot zand: silicaten, veldspaat, ijzer, gips. Als zand uit vermalen koraalrif bestaat, dan is het kalksteen. De meeste siltdeeltjes bestaan ook uit kwarts (alleen zijn het veel kleinere deeltjes), en silt kan net als zand bestaan uit de andere bestanddelen. Klei wordt echter uit een totaal andere groep mineralen gevormd, bijvoorbeeld aluminiumsilicaathydraten (aluminium, silicium en water).

Het belangrijkste om te weten is dus dat textuur uitsluitend op de grootte van de deeltjes slaat, niet waar ze van gemaakt zijn.



Figuur 1.4 De samenstelling van een goede bodem

Enkele belangrijke eigenschappen van de minerale deeltjes zijn:

zand

We beginnen bij zand. Je bent vast wel eens op een strand geweest en je weet dus al dat zanddeeltjes zichtbaar zijn met het blote oog. Ze variëren in grootte van 0,06 tot 2 mm (63 tot 2000 micrometer (μm)). Zanddeeltjes zijn net klein genoeg om een klein beetje water vast te houden, maar het meeste water spoelt meteen weer uit, waardoor er maar een klein beetje water adsorbeert en er heel veel lucht overblijft. Als er veel zand in de bodem zit, dan voel je de zandkorrels schuren wanneer je ze tussen je vingers wrijft.

Zand is vrij grof en vormt het geraamte van de grond. Zand zorgt ervoor dat de grond los en luchtig is en het water goed doorlaat. Voedingsstoffen voor planten hechten zich niet aan zanddeeltjes. Als je veel meststoffen ineens op een zandbodem brengt, spoelen ze uit de bodem naar het grondwater en de sloten.

silt

De volgende qua formaat is silt. Zanddeeltjes kun je met het blote oog waarnemen, maar je hebt een microscoop nodig om individuele siltdeeltjes te kunnen zien. Net als zand bestaan ze uit verweerd gesteente, maar ze zijn veel, véél kleiner - tussen de 0,002 en 0,06 mm (2-63 μm) in diameter. De poriën tussen deze deeltjes zijn veel kleiner en bevatten veel meer capillair water dan zand. Silt voelt tussen de vingers aan als bloem.

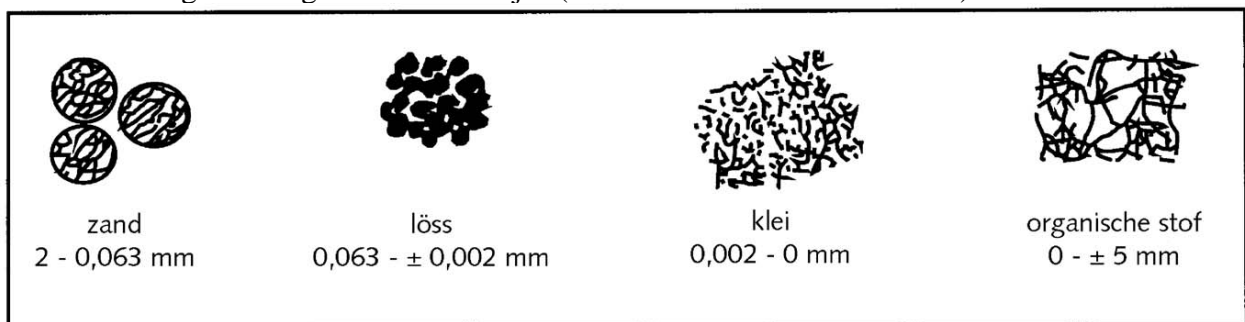
klei

Kleideeltjes zijn eenvoudig te onderscheiden van silt, maar je hebt er dit keer een elektronenmicroscoop voor nodig - want zo klein zijn deze deeltjes, de kleinste in de bodem: 0,002 mm (2 μm) in diameter of minder. Klei is kneedbaar en voelt glad aan tussen de vingers. Dit komt doordat kleideeltjes veel water vast kunnen houden. Naast silicium en water bevatten ze vaak ook aluminium, magnesium en ook wel ijzer.

Lutum of kleideeltjes kunnen veel vocht vasthouden. Voedingsstoffen kunnen zich goed binden aan de kleideeltjes. Voor de verspreiding en de beschikbaarheid van verontreinigingen in de bodem is dit vasthouden of adsorberen erg belangrijk.

Deeltjes met een groot adsorptievermogen hebben veel bindingsplaatsen voor allerlei chemische verbindingen. De bindingsplaatsen zijn noodzakelijk voor:

- adsorptie van ionen: bijvoorbeeld voedingsionen voor de planten, zware metalen (bij verontreiniging);
- onderlinge binding tussen de deeltjes (al of niet met ionen daartussen).



Figuur 1.5 De vaste bestanddelen van de bodem

Leem of löss

Leem is een mix van ongeveer even grote zand-, silt- en kleifracties. Het heeft het oppervlak van het silt en de klei, om voedingsstoffen en water vast te houden, en de porieruimte van zand, voor een goede drainage en luchttoevoer.

Grondsoorten

De grond die je in het veld aantreft is meestal een mengsel van verschillende deeltjes. Zo bevat elke cultuurgrond meer of minder organische stof. Ook bevat zandgrond vaak wat leem. In de buurt van de grote rivieren en van de zee zit er door het zand meestal ook klei.

Omgekeerd kan een kleigrond ook (fijn) zand bevatten. De grondsoorten in ons land krijgen hun naam naar de groep gronddeeltjes die erg veel invloed op de eigenschappen heeft. De indeling is gebaseerd op het percentage lutum of klei en het percentage leem.

% lutum/klei	naam van de grond
0 - 8	zandgrond
8 - 25	zavel of lichte kleigrond
25 - 35	matig zware kleigrond
> 35	zware kleigrond

Figuur 1.6 Indeling van grondsoort naar gronddeeltjes

Dus als grond meer dan 25% lutum bevat, is het kleigrond. Bij minder dan 8% is het zandgrond. Zandgrond wordt op basis van het leemgehalte nog verder onderverdeeld.

% leem	naam van de grond
0 - 10%	leemarme zandgrond
10 - 50%	lemige zandgrond
> 50%	leemgrond

Figuur 1.7 Indeling naar leemgehalte

Vragen 1.3

- De bodem bevat poriën. Wat is hiervan de functie voor processen in de bodem?
- Maak een schema met de belangrijkste eigenschappen van de verschillende bodemdeeltjes. Geef aan voor zand, leem en klei hoe het gesteld is met:
 - de waterdoorlaatbaarheid
 - het waterbindend vermogen
 - het vermogen om (voeding)stoffen vast te houden
- Veel bodemdeeltjes blijven in water een tijdje zweven alvorens ze bezonken zijn. Van welke fractie zullen bodemdeeltjes het langst in water blijven zweven: lutum, zand of silt? Geef een verklaring.
- Dat het ene deeltje later bezonken is dan het andere, speelt ook een rol bij de sedimentatie in stromend water. Welke verschil zal er zijn in de verhouding tussen zand en silt tussen rivierklei die dicht bij de rivier is afgezet en rivierklei die verder van de stroom is bezonken?
- Verklaar de afwijkende korrelgrootte verhouding tussen rivier en dekzand in figuur 1.8.
- Wat verstaan we onder het adsorptiecomplex van de bodem?
- Verklaar de zwel en krimpverschijnselen bij lutum
- Waarom kun je met lutum (klei) boetseren en met zand niet?
- Verklaar waarom zandkorrels geen lading hebben.

	< 2 mu	2 - 63	63 - 105	105-150	150-210	210-420	> 420
	leem		uiterst	zeer	matig	matig	zeer
	lutum	silt	fijn zand			grof zand	
duinzand	0	1,5	7,5	26	31	32	2
zeezand	1	1,5	2,5	34	46	15	0
riv.zand	0	2	0,5	3,5	26	59	9
dekzand	0	1,5	10	19	38	29	2,5
zeeklei	26	52	18	2,5	1,5		
riv.klei	21	34	7	38			

Figuur 1.8 Korrelgrootte samenstelling van grond in %

1.4 De organische bestanddelen van de bodem

Verwerking breekt stenen af tot minerale bestanddelen. In een bodem moeten echter planten kunnen groeien - en dat vergt meer dan alleen mineralen. Normaal gezien bestaat een bodem voor 45% uit mineralen en voor 5% uit organische stof, die opgebouwd is door de organismen die erop of erin leven.

Als planten en dieren die op de oppervlakte leven doodgaan en door schimmels en bacteriën worden ontbonden, dan worden ze uiteindelijk deels omgezet in een koolstofrijk, koffiëkleurig, organisch materiaal. Dit waardevolle materiaal heet humus.



1.9 Organische stof

Humus bestaat uit enorm lange, moeilijk af te breken ketens van koolstofmoleculen met een bijzonder groot oppervlak; deze dragen elektrische ladingen die minerale deeltjes aantrekken en vasthouden. De moleculaire structuur van deze lange ketens lijkt op een spons - met heel erg veel hoeken en gaten die als luxe appartementen dienen voor bodemmicroben. Zodra je humus en ander organisch materiaal, zoals dode planten en dode insecten, aan de verwerde

mineralen toevoegt, dan heb je een bodem waar bijna bomen, struiken, gazons en tuinen op kunnen groeien.

In de gehele wordingsgeschiedenis van de bodem wordt er organische stof opgehoopt en afgebroken. Vooral het bodemleven heeft hier een belangrijke taak in. Zonder het afgestorven materiaal is er in de bodem dan ook nauwelijks leven mogelijk. “Dood hout leeft”, hebt je wel eens kunnen lezen, welnu in de bodem geldt eveneens dat dode organische stoffen, levende processen van organismen in stand houden.

De organische stof in de bodem is vooral van plantaardige oorsprong. Ze bestaat meestal uit de overblijfsels van wortels, bladeren, stengels en natuurlijke mest. Meestal zijn het vezelige deeltjes zoals je die bijvoorbeeld in potgrond ziet. Verse organische stof wordt door wormen, mollen, bacteriën en andere micro-organismen of dieren verteerd. De stof die overblijft is de humus. Door de afbraak van de organische stof door het bodemleven ontstaat niet alleen humus, maar komen ook voor planten belangrijke voedingsstoffen vrij. Het vrijmaken van belangrijke voedingsstoffen heet mineralisatie.

Verse organische stof is om de volgende redenen van belang:

- het is voedsel voor het bodemleven
- het houdt voedingsstoffen in omloop
- het bevordert een goede structuur.

Organische stof bestaat voornamelijk uit koolstof. Bij verbranding ervan ontstaat kooldioxide en waterdamp. Dit principe wordt gebruikt bij het bepalen van het organische stofgehalte van de grond. Veengrond bestaat voor een heel groot deel uit organische stof . Het is dus geen wonder dat gedroogde veengrond als brandstof werd gebruikt. Het heet dan turf.

GROND						
organisch materiaal 6 %						minerale grond
levend organisch materiaal 15 %					dood organisch materiaal	
bodemorganismen 45 %				levende wortels		
bacteriën	schimmels	wormen	macro- en micro fauna			
50 %	23 %	14 %	11 %	55 %	85 %	94

Figuur 1.10 Voorbeeld van de samenstelling van de organische bestanddelen in massafracties in een bosbodem.

Humus

Humus heeft een aantal belangrijke eigenschappen. Het is sponsachtig en kan daardoor water vasthouden. Voedingsstoffen voor planten maar ook chemische verontreinigingen binden zich gemakkelijk aan humus. Door humus wordt zandgrond wat gebonden en kleigrond wat losser

van structuur. Zandgrond bevat gemiddeld ongeveer 4 a 5% humus. Het woord humus gebruiken we vaak om alle organische stof aan te duiden. Je doet er beter aan het te behouden voor het vormloze, zwartbruine product dat we hierboven besproken hebben. Humus kan moeilijk door het bodemleven afgebroken worden en blijft dus lange tijd in de grond. We spreken daarom wel van stabiele humus.

Veen

Onder bepaalde omstandigheden kan het voorkomen dat organische stof slecht in zeer geringe mate wordt afgebroken. De grond krijgt dan een hoog gehalte aan organische stof. In ons land kennen we dergelijke onvoldoende afbraak bij hoge grondwaterstand (te veel vocht, te weinig lucht). Dit heeft als gevolg dat het organische stof gehalte oploopt en er veen ontstaat. In sparrenbossen verteert de strooisellaag moeilijk vanwege de lage pH. Ook hier hoop zich de organische stof op in de vorm van een naaldentapijt. Wanneer de omstandigheden gunstige worden zien we dat de vertering opnieuw en soms zelfs heviger inzet zodat het organische stofgehalte weer daalt.

Naast al het dode materiaal (zand, klei, organische stof, e.d.) bevat de bodem gewoonlijk ook veel levend materiaal:

- plantenwortels van het gewas dat op de bodem groeit;
- bodemleven: allerlei organismen, zoals regenwormen, duizendpoten, bacteriën en schimmels.

grondsoort	organische stofgehalte
kleigronden	1 - 6% meestal 1,5 à 3%
noordelijke zandgronden	5 - 15%, meestal ca. 7%
zuidelijke zandgronden	1 - 6%, meestal ca.3%
veengronden	25% en hoger

Figuur 1.11 Grondsoorten en organische stof

Het bodemleven is een wezenlijk onderdeel van een goede bodem. Enkele belangrijke functies van het bodemleven zijn:

1. Afbraak van organische stof

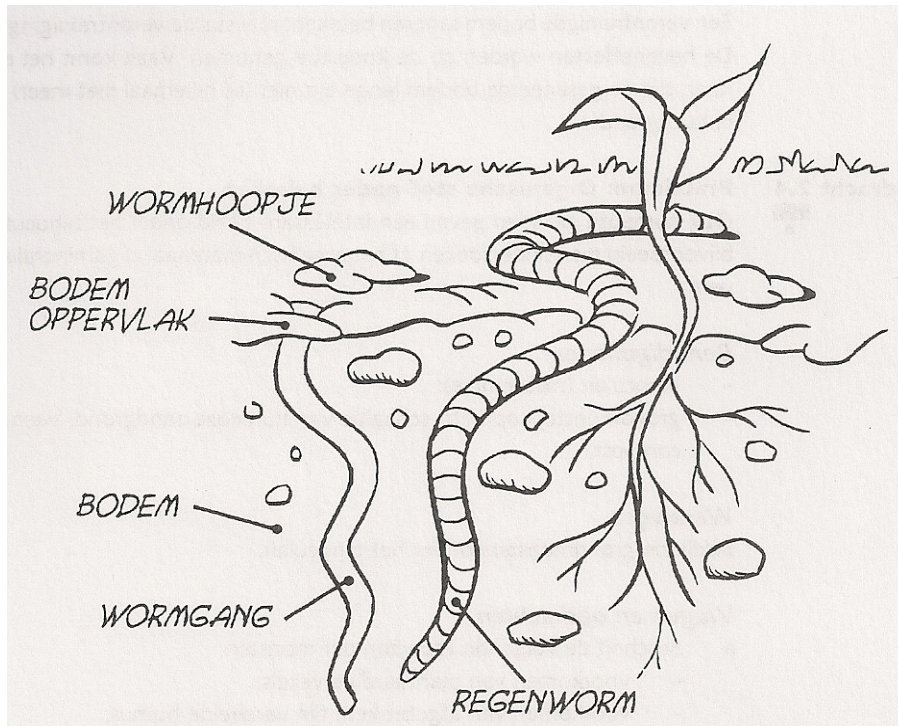
Plantenresten en mest die in de bodem terecht komen, worden verteerd en daarmee opgeruimd. Bij die afbraak komen voedingsionen vrij die de planten met hun wortels weer op kunnen nemen om er mee te groeien.

2. Losmaken van de bodem

Vooraf de grotere bodemdierpjes (regenwormen, duizendpoten, pissebedden e.d.) graven gangetjes in de bodem. Vaak wordt de grond daarbij naar het oppervlak van de bodem gebracht (bv. wormhoopjes). Op die manier ontstaan er in de bodem voldoende grote poriën voor waterafvoer, luchtverversing, wortelgroei, e.d.

3. Binden van gronddeeltjes

Wormen en sommige bacteriën produceren slijm. Zand-, löss-, leem-, klei- en organische stofdeeltjes worden daardoor aan elkaar geplakt zodat grote poriën niet zo snel inzakken.



Figuur 1.12 Regenwormen in actie in de bodem

Bij een verontreiniging van de bodem (ook bij verzuring) vallen de eerste klappen vrijwel altijd bij het bodemleven.

Een voorbeeld: een verontreiniging van de bodem met 50 mg Cu/kg grond (= 50 ppm) betekent het uitsterven van de regenwormen op die plaats. Aan de gewassen en de bodem is de eerstvolgende jaren echter niets vreemd te zien.

Een verontreinigde bodem saneren betekent meestal de verontreiniging eruit te halen. De neveneffecten worden op de koop toe genomen. Vaak komt het er echter op neer, dat de gesaneerde bodem lange tijd niet (of helemaal niet meer) geschikt is als cultuurgrond.

Vragen 1.4

- a. Grond bevat veel organismen die iets over de kwaliteit kunnen vertellen. Welke conclusie kun je trekken als een grond veel regenwormen bevat?
- b. Geef een voorbeeld van de samenstelling van een zavelgrond met de componenten lutum, afslibbaar, organische stof en zand. Gebruik hiervoor de figuren 1.4 en 1.8.
- c. Omschrijf in het kort het verschil tussen bodem en grond.
- d. Vul de onderstaande tekst in en gebruik bij het invullen de begrippen: voedingsstoffen, veengrond, mineralisatie, humus, adsorptie.
Organische stof komt in de bodem voor in verse vorm en als afbraakproduct, de Aan deze stof kunnen zich bijvoorbeeld ionen hechten wat we noemen. Het afbraakproces van humus verloopt langzaam en heet Hierbij komen waardevolle chemische verbindingen als bij vrij. Als organische stof in de bodem in niet afgebroken vorm wordt opgehoopt ontstaat..... .
- e. Hoeveel procent van de totale grondmassa neemt in figuur 1.10 de fractie levend organisch materiaal in?
- f. Je hebt gelezen dat gesaneerde grond vaak enige jaren niet meer de teeltfunctie kan vervullen. Leg dit uit voor grond die een hittebehandeling heeft ondergaan.
- g. Wat behoort niet tot de organische stof?
 - a. kalk
 - b. humus
 - c. stro
 - d. mest



Figuur 1.13 Verschillende typen zand

Hoofdstuk 2 Het grondwater

2.1 Inleiding

Planten hebben water nodig maar naast water moet er ook voldoende lucht in de bodem zitten. Te veel water betekent dat de luchtvoorziening van plantenwortels wordt bedreigd. Te weinig water betekent automatisch verdroging. Dit evenwicht tussen bodemlucht en bodemwater komt in deze paragraaf uitgebreid aan de orde.

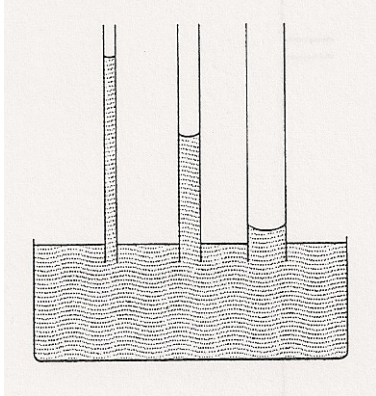
2.2 Capillaire opstijging

Alle gronddeeltjes trekken water aan. Door de aantrekkingskracht blijft het water in de ruimten tussen de deeltjes, de poriën, hangen. Water blijft gemakkelijker in kleine dan in grote poriën hangen. Een rij poriën die op elkaar aansluiten noemen we een capillair. Capillairen zijn net nauwe buisjes. In smalle capillairen kan het grondwater makkelijk opstijgen.

Wanneer je een diep gat in de bodem graaft, zal er na een poosje grondwater in staan. Het gedeelte van de bodem beneden de grondwaterspiegel heet de **grondwaterzone**. Het water kan zich hier vrij bewegen. Alle poriën zijn gevuld met water, lucht ontbreekt.

Boven de grondwaterzone ligt de **capillaire zone**. Naarmate de capillaire buisjes dunner zijn stijgt het water langzamer, maar kan uiteindelijk wel hoger in de bodem komen.

In grond met kleine deeltjes zoals klei, zal het water dus hoger kunnen stijgen dan in een grovere zandgrond, alleen duurt dit proces langer.



Figuur 2.1 Capillaire opstijging

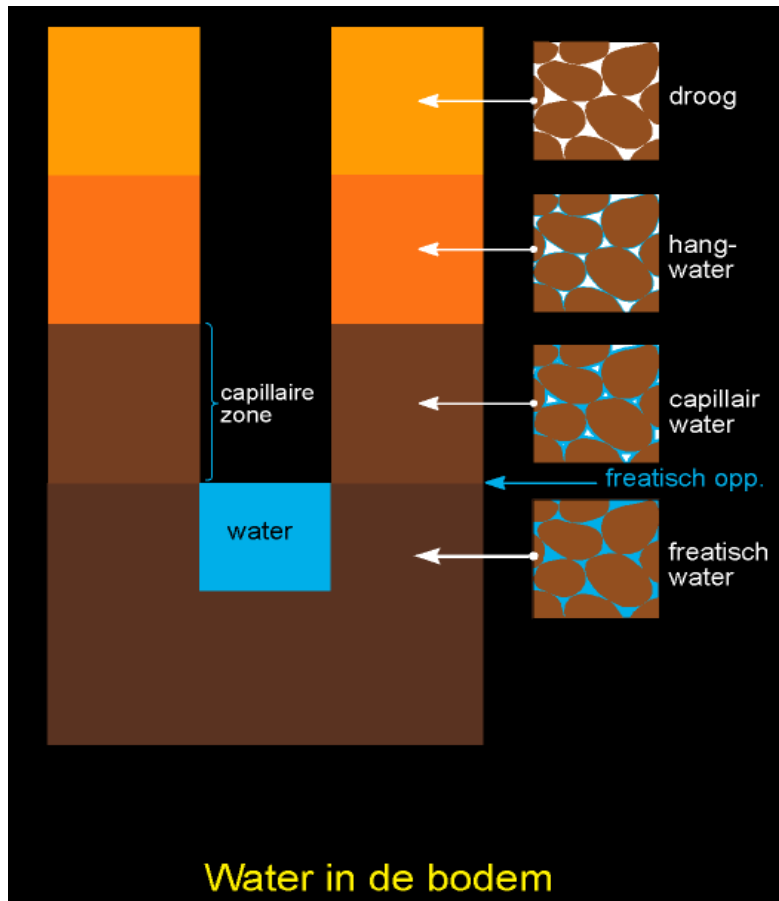
Het bovenste deel van de bodem ligt vaak zo ver boven de grondwaterstand dat het bodemwater er via capillaire opstijging niet kan komen. Het water dat hier in de poriën zit komt van een recente regenbui. Het is er blijven hangen, vandaar dat dit gedeelte de **hangwaterzone** genoemd wordt.

Grote poriën (0,5 mm en hoger; met het blote oog te zien) zijn meestal gevuld met lucht. Water zal je voornamelijk aantreffen in de kleine poriën (< 0,5 mm). Omdat je voor een goede groei en functioneren van een plantenwortel zowel lucht als water nodig hebt, moet een goede bodem én veel grote én veel kleine poriën hebben.

2.3 De grondwaterstand

We kennen nu dus de indeling in drie bodemlagen waarin water op verschillende wijzen voorkomt gezien. De grondwaterstand of het freatisch vlak bevindt zich op de bovenrand van de grondwaterzone. Nu is het niet zo eenvoudig om een goede grondwaterstand in het veld te

meten. Je kunt bij een bodemonderzoek de invloed van capillaire opstijging niet simpel wegcijferen. Een juiste grondwaterstandmeting kan slechts plaatsvinden in een ruim gat in de grond. De invloed van de wanden is hierin te verwaarlozen en de waterstand kan zich onafhankelijk van de bodemdeeltjes instellen. We plaatsen voor grondwaterstandmeting zeer zorgvuldig een peilbuis in de bodem die volgens normvoorschriften bemeten moet worden



Figuur 2.2 De grondwaterzones

De grondwaterstand wordt gemeten ten opzichte van het maaiveld en geeft slechts een absolute waarde aan. Hiermee bedoelen we dat je nooit grondwaterstanden mag vergelijken indien je niet weet hoe hoog het maaiveld ter plaatse is. Als je wilt onderzoeken hoe de grondwaterstroming onder een terrein verloopt moet je naast alle grondwaterstanden ook een waterpassing op de terreinhoogte uitvoeren.

Doorlaatbaarheid

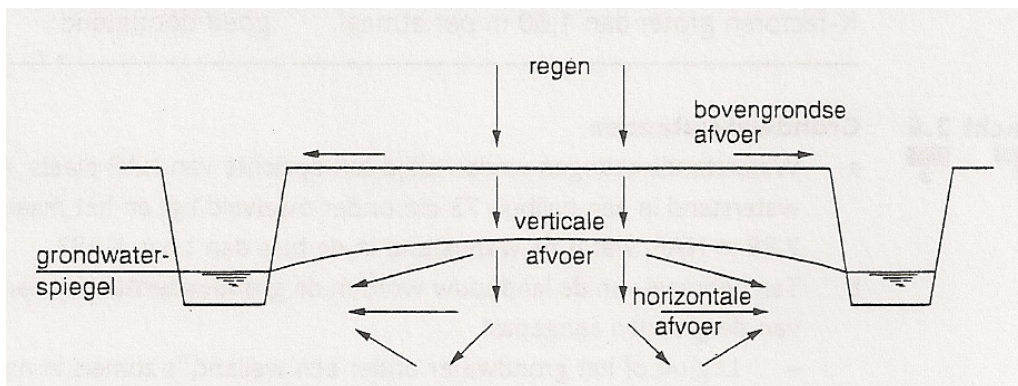
Als het oppervlak van de grond erg dicht zit, zal veel water over het grondoppervlak afvloeien. Ook al is de bodem verder goed doorlatend.

Wanneer het water de grond is binnengedrongen, zal het eerst zijn weg in verticale richting naar beneden vinden via openingen tussen de vaste gronddeeltjes. Een zeer dichte structuur met kleine poriën, bemoeilijkt het transport naar de diepere ondergrond. Van de verticale doorlaatbaarheid kun je een indruk krijgen door een bodemdoorsnede of bodemprofiel te bestuderen.

De horizontale doorlaatbaarheid in de diepere ondergrond is ook van veel belang. Deze hangt ook nauw samen met de hoeveelheid grotere poriën en gangen in de bodem. Zij wordt gemeten door in een boorgat na te gaan, hoe snel het water toestroomt. Met behulp van een formule wordt dan de doorlaatbaarheid K berekend.

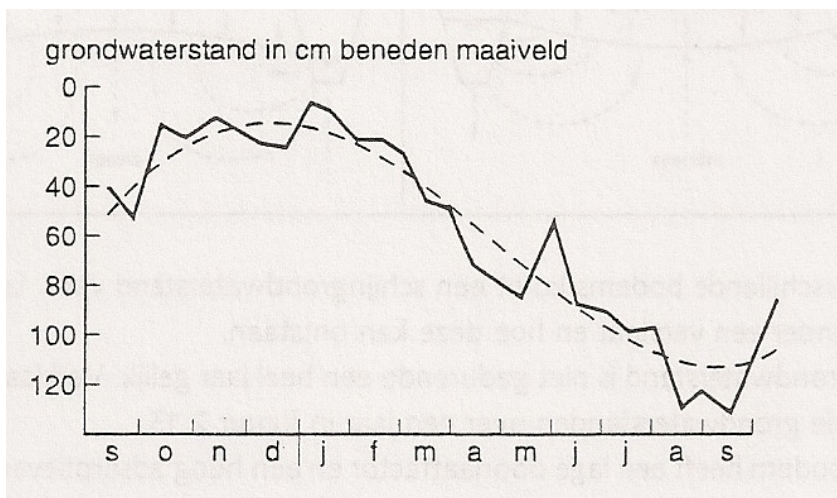
K-factoren kleiner dan 0,05 m per etmaal	slecht doorlatend
K-factoren van 0,05 tot 0,40 m per etmaal	matig doorlatend
K-factoren van 0,40 tot 1,00 m per etmaal	vrij goed doorlatend
K-factoren groter dan 1,00 m per etmaal	goed doorlatend

Figuur 2.3 K-factoren in de bodem



Figuur 2.4 Watertransport over en door de grond naar een sloot

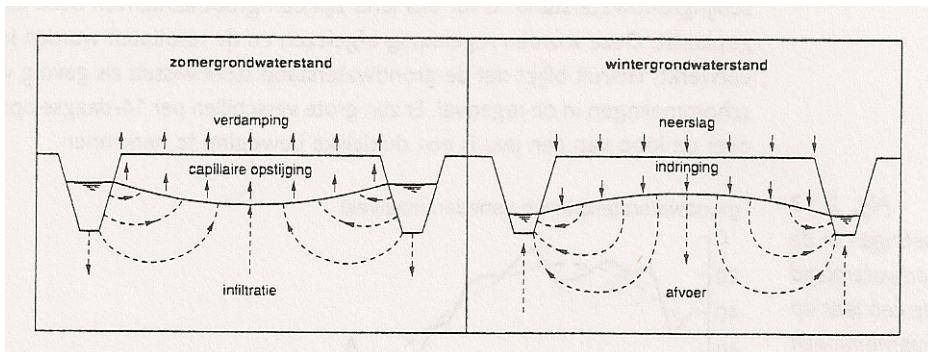
De grondwaterbeweging wordt afgelezen uit de standen van grondwater in peilbuizen. Je moet zo'n peilbuis diep zetten anders meet je een schijngrondwaterstand. Over ons land zijn een groot aantal van deze peilbuizen geplaatst. Deze worden regelmatig afgelezen en de resultaten worden in grafieken verwerkt. Hieruit blijkt dat de grondwaterstand sterk wisselt als gevolg van schommelingen in de regenval. Er zijn grote verschillen per 14-daagse opname, maar over de loop van een jaar is een duidelijke beweging te herkennen.



Figuur 2.5 Schommelingen in de grondwaterstand gedurende een jaar op 14-daagse waarnemingen.

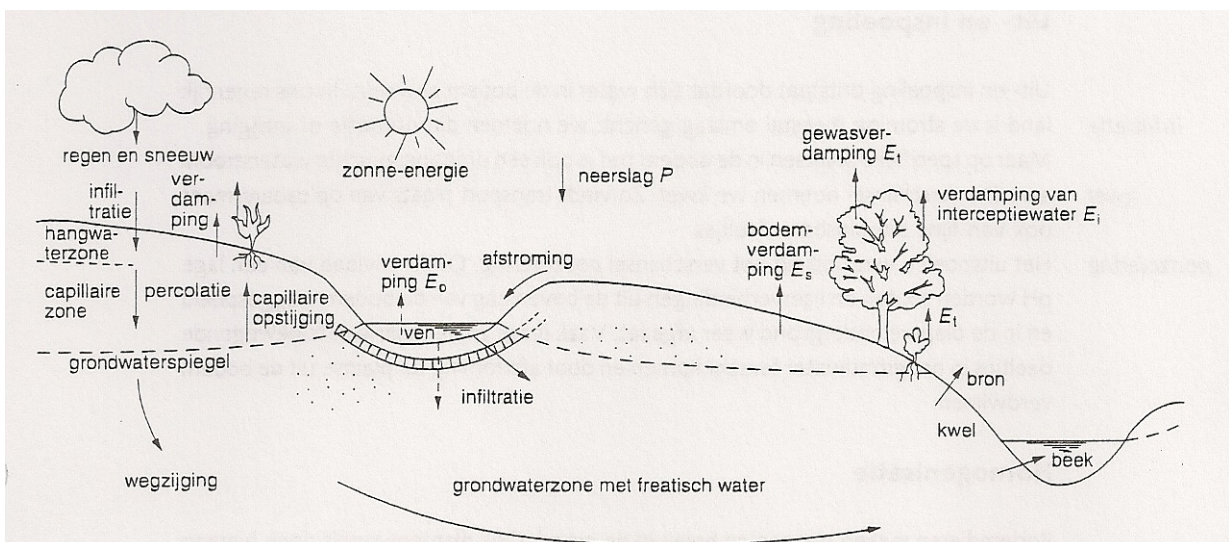
Vragen 2.3

- Waterstandsmetingen vinden altijd ten opzichte van NAP plaats. Als de waterstand in een peilbuis 73 cm onder maaiveld ligt en het maaiveld op + 2,38 m NAP, wat is de waterstand in de buis dan t.o.v. NAP?
- Ten behoeve van de landbouw worden de grondwaterstanden aan het gebruik van de gronden aangepast.
 - Leg uit of het grondwater onder een weiland 's zomers in natuurlijke omstandigheden bol of hol staat ten opzicht van de sloten aan weerszijden.
 - Hoe is de waterstand in figuur 2.6 aangepast voor optimaal landbouwkundig gebruik en waarom?



Figuur 2.6 Grondwaterstanden in een agrarisch gebied.

- In verschillende bodems komt een schijngrondwaterstand voor. Leg uit wat je hieronder een verstaat en hoe deze kan ontstaan.
- De grondwaterstand is niet gedurende een heel jaar gelijk. Verklaar het verloop van de grondwaterstanden over een jaar in figuur 2.5.



Figuur 2.7 Beweging van water in een hellend landschap met namen en symbolen van de processen.

- Een bodem heeft een lage doorlaatfactor en een hoog adsorptievermogen. Wat kun je hierbij opmerken over:

- * de korrelgrootte
 - * de mogelijke hoeveelheid organische stof
 - * het vochtbindend vermogen?
- f. In figuur 2.7 zie je verschillende processen waarbij zich water door, in en uit de bodem beweegt. Geef aan welke processen water aan de bodemvoorraad toevoegen en welke water onttrekken.
- g. Van welke krachten is capillaire opstijging het gevolg?
- a. adsorptiekrachten
 - b. absorptiekrachten
 - c. infiltratiekrachten
 - d. vernalisatiekrachten

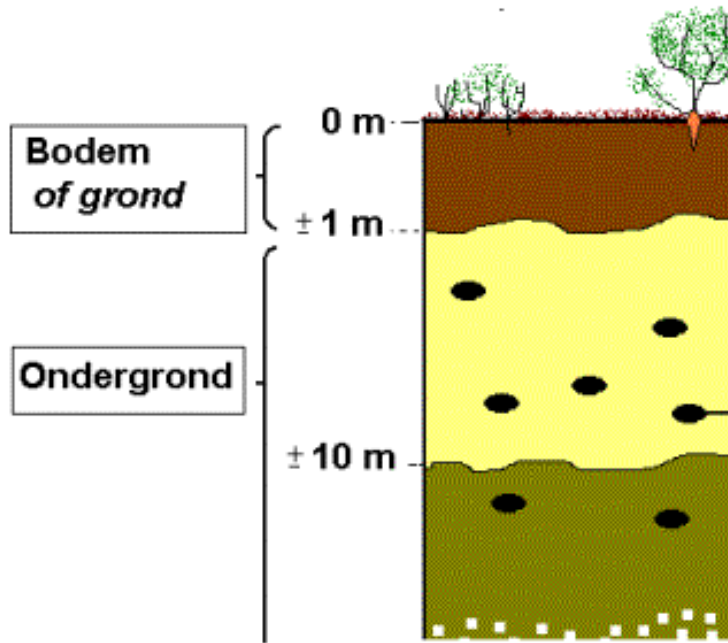


Figuur 2.8 Voor de drinkwaterwinning kun je water uit verschillende bodemlagen gebruiken.

Hoofdstuk 3 Het bodemprofiel

3.1 Inleiding

Bij het graven van een kuil is het je vast wel eens opgevallen dat er van boven naar beneden in de bodemopbouw allerlei verschillen kunnen optreden. Erg opvallend zijn bijvoorbeeld kleurverschillen. Maar er is meer waar te nemen. Daar zul je in dit hoofdstuk meer over te weten komen.



Figuur 3.1 Eenvoudige bodemopbouw

Bodems worden onophoudelijk blootgesteld aan verweringsprocessen. Regen bijvoorbeeld veroorzaakt uitspoeling van sommige mineralen en organische stof als het de bodem intrekt. Die stoffen kunnen op een ondoordringbare laag stuiten en zich in een bepaalde zone of laag concentreren. De grootte van de deeltjes kan ervoor zorgen dat een bepaald materiaal geconcentreerd of gefilterd wordt. Uiteindelijk, in de loop der jaren, ontstaan er zo lagen en zones van verschillende materialen. Deze kunnen waargenomen worden, net als de afzettinglagen van de Grand Canyon, als je een kuil zou graven. Een bodemprofiel is een kaart van deze lagen, ook wel horizonten genoemd.

In de vorige hoofdstukken hebben we gezien dat de bodem is opgebouwd uit o.a. minerale deeltjes en organische stof. Deze beide zijn bijvoorbeeld in staat om onderlinge bindingen aan te gaan en andere deeltjes door adsorptie vast te houden. Verschillende grondsoorten hebben dan ook verschillende eigenschappen.

Om vooraf in te schatten welke eigenschappen je in een bodem aan kunt treffen is het vooral belangrijk je te realiseren hoe een bodem gevormd is.

3.2 Bodemvorming

Bij bodemvorming spelen de volgende processen een rol:

- a aanvoer en afvoer van organische stof
- b uit- en inspoeling en heterogenisatie
- c gelijkmaking of homogenisatie

- d oxydatie en reductie van ijzerverbindingen
- e rijping

Organische stof

De hoeveelheid organische stof in de bodem is afkomstig van plantaardig materiaal. Door menging met plantendelen krijgt de bodem een donkere kleur en verandert de structuur van de grond.

Uit- en inspoeling

Uit- en inspoeling ontstaat doordat zich water in de bodem beweegt. In ons regenrijk land is de stroming meestal omlaag gericht: we noemen dit infiltratie of inzijging. Maar op specifieke plaatsen in de bodem tref je ook een omhoog gerichte waterstroom aan. Dit verschijnsel noemen we kwel. Zo vindt transport plaats van oplosbare maar ook van fijne onoplosbare deeltjes.

Het uitspoelen veroorzaakt het verschijnsel podzolering. Onder invloed van een lage pH, worden zouten en ijzerverbindingen uit de bovenlaag van de bodem weggespoeld en in de diepere ondergrond weer afgezet. Vaak is het zo dat neerwaarts bewegende deeltjes in het grondwater terecht komen en door afstroming ter plaatse uit de bodem verdwijnen.

Homogenisatie

Bodemdieren maken gangen en holen in de grond. Ook plantenwortels doen hieraan mee. Op deze wijze wordt het bodemmateriaal gemengd en treedt homogenisatie op.

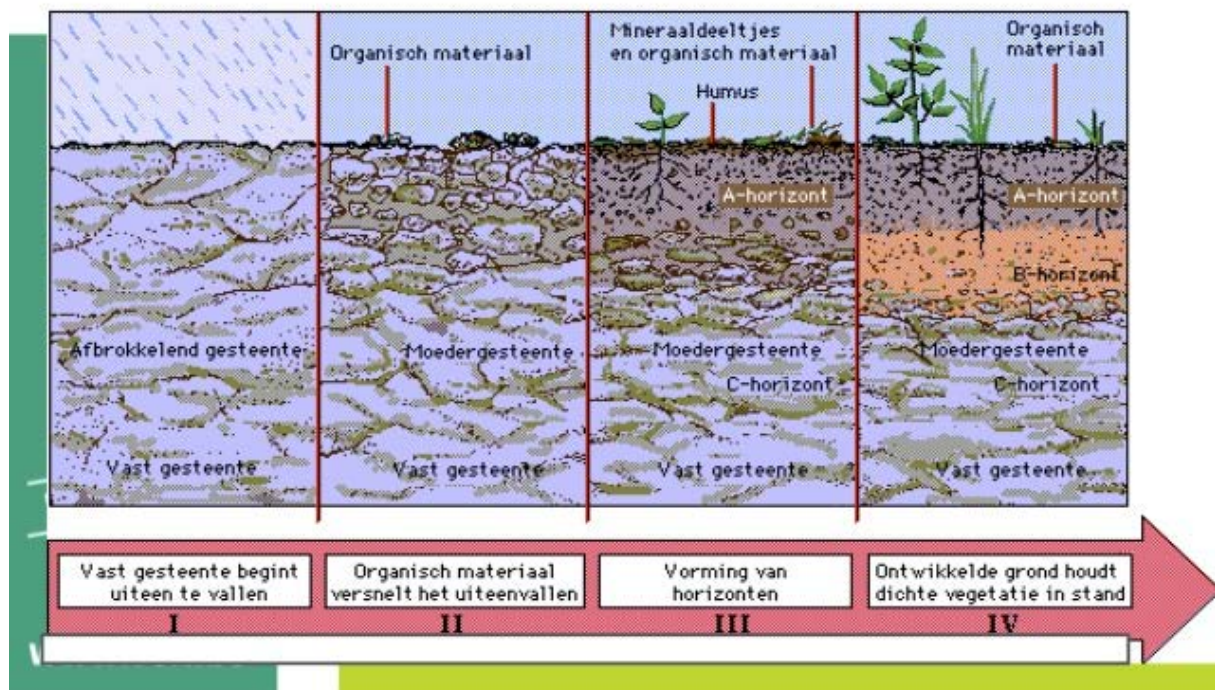


Figuur 3.2 Een bodem na duizenden jaren ontwikkeling

Bodemrijping

Het laatste genoemde proces is bodemrijping. Hierbij treedt door o.a. weersinvloeden verwerking van de mineralen op. Losse ionen komen zo vrij van het oorspronkelijke materiaal en kunnen door planten worden opgenomen.

Het resultaat van bodemvormende processen is dat gronden die oorspronkelijk bij hun afzetting een gelijkmatige opbouw hadden nu volledig van elkaar kunnen verschillen. Bij een boring in de grond stuit je op allerlei verschijnselen die met het bovenstaande te maken hebben. Een overzicht (doorsnede) van de bodem waarin je de resultaten van de processen van boven naar beneden kun waarnemen noemen we een bodemprofiel. Veel van de processen spelen zich tegelijk en door elkaar af zodat het bodemprofiel zich niet zo gemakkelijk laat lezen. Toch zijn er enkele grote lijnen in de opbouw aan te geven. In een bodemprofiel komen bijvoorbeeld verschillende lagen voor. Deze worden horizonten genoemd. We zullen eerst eens een voorbeeld op zandgrond bespreken.



Figuur 3.3 Het ontstaan van de bodem

In het bovenste deel van de bodem zien we de eerdlaag. Hierin speelt zich het belangrijkste deel van het bodemleven af. De organische stof die hier is geconcentreerd zorgt voor een donkerbruine kleur. De aanvoer van nieuwe bodemdeeltjes moet van bovenaf plaatsvinden. Aangevoerde deeltjes zorgen voor de aanvulling van de naar beneden gerichte uitspoeling door regenwater.

In een *bodemprofiel* komt altijd een zekere gelaagdheid voor. De gelaagdheid kan blijken uit verschillen in humusgehalte, in textuur, koolzure kalk en structuur. Het ontstaan van profielen als gevolg van de afzetting van verweringsproducten, is een geologisch proces, de veranderingen die daarna nog plaatsvinden, noemen we bodemvorming. Lagen die door bodemvorming ontstaan, heten horizonten en worden met namen, letters en cijfers aangeduid.



Figuur 3.4 Een bodemprofiel op zandgrond. De bruine en grijze vlekken wijzen op een wisselende grondwaterstand. Dit verschijnsel noemen we gley.

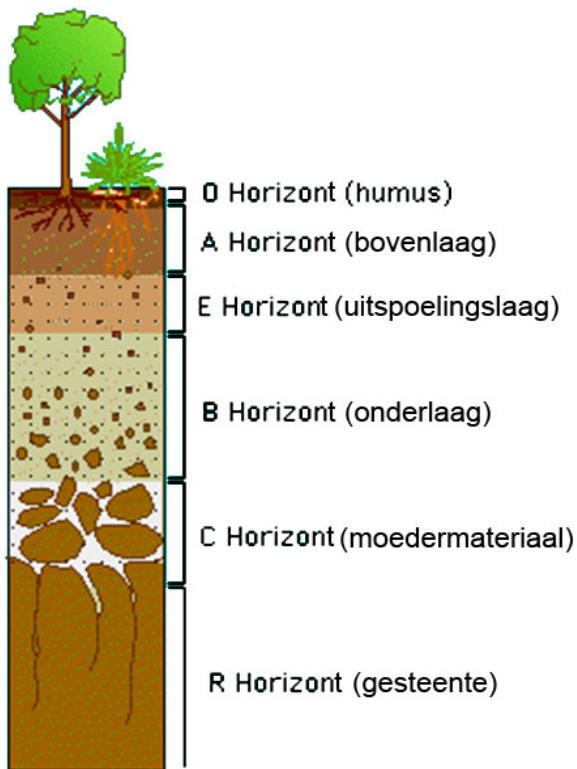
Hoofdhorizonten

Om verschillende gronden op uniforme wijze te kunnen beschrijven, geef je min of meer overeenkomstige bodemhorizonten met vaste letter- en cijfercombinaties aan. De hoofdletters vormen de code voor de *hoofdhorizonten*, de letter- en cijfertoevoegingen geven een verdere onderverdeling. De belangrijkste horizonten zijn:

- O: moerige horizont of strooisellaag;
- A: de minerale of moerige bovenlaag van het profiel, waarin de organische stof geheel of vrijwel geheel is omgezet. In de praktijk wordt de A-horizont bovengrond, teelaarde of zwarte grond genoemd;
- E: de horizont waar humus-, ijzer- en aluminiumdeeltjes en/of kleimineralen zijn uitgespoeld, de zogenaamde uitspoelingshorizont. Zand uit de E-horizont van podzolgronden wordt loodzand genoemd, vanwege de lichtgrijze kleur;
- B: de horizont waar uit de bovengelegen horizonten uitgespoelde humus-, ijzer en aluminiumdeeltjes en/of kleimineralen zijn ingespoeld. Deze laag is de inspoelingshorizont.
- C: de zone met het moedermateriaal die weinig of niet is veranderd door bodemvormende processen, uitgezonderd rijping en ontkalking.



Figuur 3.5 Profielen van de belangrijkste grondsoorten



Figuur 3.6 Bodemprofiel met horizonten

Lettertoevoegingen

Met kleine letters achter de hoofdletters kun je meer informatie krijgen over het bodemvormend proces dat met een hoofdletter is aangegeven. Onderstaande opsomming geeft kort de betekenis van de meest voorkomende letters.

- a, antropogeen (door de mens aangevoerd);
- b, begraven;
- g, gley (roestvlekken);
- h, humus (ongestoorde compacte humuslaag);
- p, ploeg (bewerkte horizonten);
- r, reductie (geheel grijze laag);
- s, sesquioxides (ijzer- en aluminiumoxides);
- t, textuur (lutum inspoeling).

In een profielbeschrijving komen vooral zintuiglijke waarnemingen naar voren. Je kijkt naar kleuren die je iets vertellen over het ijzer- en humusgehalte, inspoelings- en uitspoelingsverschijnselen en de grondwaterstanden over een bepaalde periode. Je let op afwijkingen in het bodemmateriaal zoals leem of kleibandjes, veenafzettingen of ijzerklompjes. Ruiken is eveneens belangrijk, pas echter wel op als je denkt verontreinigingen aan te treffen. Voelen tot besluit doe je om de korrelgrootte van de bodemdeeltjes in te schatten.

Menselijke invloeden

Vele bodemvormende processen worden door de mens in meerdere of mindere mate beïnvloed. Ze kunnen versterkt, verzwakt, in gang gezet of zelfs gestopt of omgekeerd worden. Voorbeelden zijn: bekalking, bemesting, droogmakerijen, bedijking van schorren en

kwelders, beregening, heide-ontginningen en ingrepen in de ontwatering van gebieden. Bij deze voorbeelden is de menselijke invloed meestal indirect aan het bodemprofiel te zien. Een direct zichtbare invloed van de mens op het bodemprofiel is vrijwel altijd het gevolg van grondverplaatsing: ploegen, diepploegen en -woelen, legaliseren, afgraven, ophogen en bezanden. De menselijke invloed wordt dan zichtbaar door gemengde- of afwijkende bodemlagen, puin, glas en ander afval in het bodemprofiel.

De kleur van de bodem

Soms is de kleur van een bodem een goede indicator van wat erin zit, zoals van bepaalde minerale en organische bestanddelen. Verwering, oxidatie (reductie van de mineralen ijzer en mangaan) en de biochemie van de ontbinding van organisch materiaal zijn de belangrijkste factoren die de kleur van de bodem beïnvloeden.

Organische componenten verkleuren de bodem zeer sterk en produceren donkere bodems; ze kunnen ophopen of oplossen en laagjes vormen over andere bodemdeeltjes, waardoor die zwart worden. Als er ijzer in de bodem zit, dan oxideert (verroest) het en verkleuren de bodemdeeltjes naar rode en gelige tinten. Als er veel mangaanoxide in de bodem zit, dan worden de deeltjes paars/zwart. De aanwezigheid van deze kleuren duidt in de regel op goede drainage en doorluchting.

Grijze bodems kunnen op een gebrek aan organisch materiaal duiden. Ook duiden ze vaak op zuurstofloze omstandigheden omdat de microben die in dergelijke omstandigheden kunnen overleven vaak het ijzer in de bodem gebruiken voor hun stofwisseling, zodat de kleur verdwijnt. Ook mangaan wordt zo omgezet tot kleurloze stoffen, maar door andere microben. Bodemwetenschappers gebruiken kleurkaarten om de omstandigheden in de bodem te identificeren, te vergelijken en te beschrijven.

Vragen 3.2

a. Wie of wat is in de bodem verantwoordelijk voor:

- uitspoeling
- homogenisatie
- oxidatie en reductie?

b. Bedenk eens twee voorwaarden die de uitspoeling van positieve deeltjes uit de bovenlaag van de bodem versnellen.

c. Je maakt in de tekst kennis met de begrippen geologie en bodemvorming. Waartoe zou je de volgende fenomenen rekenen?

- het ontstaan van stuifheuvelds in de duinen?
- het ontstaan van een eerdlaag op zandgrond?
- het afzetten van slib in rivieruiterwaarden?

d. IJzer komt in de bodem met twee ionen voor. We kennen Fe^{2+} dat oplosbaar en kleurloos is en Fe^{3+} . Dit laatste is een geoxideerd ion. Hoe merk je Fe^{3+} op in de bodem?

e. Bodemhorizonten wijzen op bodemvormende processen. Leg uit of je in vaaggronden bodemhorizonten kunt tegenkomen.

f. In een veldpodzolbodem zit de grondwaterstand op geringe diepte. Waarom tref je in een veldpodzolbodem wel een uitspoelingslaag maar geen inspoelingslaag aan?

g. Voordat je zelf een bodemprofiel gaat beoordelen, zul je eerst een aantal begrippen moeten kennen. Plaats de volgende begrippen bij de juiste betekenis: grondwaterspiegel, bodemprofiel, maaiveld, roestvlekken, horizont.

Begrip	Betekenis
.....	de bovenste 100 - 120 cm van de bodem
.....	een laag in het profiel die verschilt van de boven en/of onderliggende laag in kleur, samenstelling, e.d.
.....	de grondoppervlakte, dus de grens tussen de grond en de atmosfeer boven de grond
.....	de stand van het water (in cm onder het maaiveld) in de bodem, nadat het water in een vooraf geboord gat lang genoeg vrij heeft kunnen toestromen
.....	kunnen in dat deel van het profiel voorkomen (als de bodem ijzerrijk is) waar afwisselend wel (winter) en geen (zomer) grondwater voorkomt; door de afwisseling van wel zuurstof (zomer) en geen zuurstof (winter) verplaats de ijzerroest zich een beetje in de bodem, daardoor ontstaan kleurpatronen met veel roest (oranje) en met weinig of geen roest (lichtgeel tot wit of grijs)

Hoofdstuk 4 Kennismaken met de bodem

4.1 Inleiding

In het verleden was bodemonderzoek en bodemkunde in hoofdzaak gericht op de landbouw. We waren eigenlijk alleen geïnteresseerd in wat je landbouwkundig met de bodem kon doen en hoe je de mogelijkheden voor landbouw zou kunnen verbeteren.

De laatste jaren heeft het bodemonderzoek een belangrijke uitbreiding gekregen. We willen voor de aanpak van bodemverontreinigingen nu eveneens over specifieke bodemzaken informatie verzamelen. Op basis van deze informatie kunnen we de ernst van de verontreiniging bepalen en de risico's die eraan zijn verbonden inschatten. Ook het bodemonderzoek in natuurgebieden staat in de belangstelling. Hier spelen processen als verzuring en vermesting een rol die we graag willen onderzoeken. Een belangrijke vraag bij dit alles is wat je aan onderzoek in het veld kunt uitvoeren en wat in een laboratorium dient te gebeuren. Daarop krijg je in deze paragraaf een antwoord.

4.2 Bodemonderzoek in het veld

De meeste eigenschappen van grond kun je door middel van laboratoriumanalyses nauwkeurig bepalen. Het zijn echter vaak kostbare en zeer tijdrovende experimenten en daarop wil je in het veld niet altijd wachten. Ook zijn in een laboratorium een aantal, vaak belangrijke, factoren niet te bepalen. Denk maar eens aan de structuur van de grond, het bodemprofiel en de grondwaterinvloeden. Daarom moet je onderzoeken als profielbeschrijvingen en schattingen van korrelgrootten en humusgehalten direct in het veld kunnen maken.

Veldbepalingen hoeven bij een goede uitvoering niet onder te doen voor een laboratoriumtest. Een goede schatting van leem- of lutumgehalte in het veld hoeft niet meer dan 2% naar boven of beneden van op dezelfde grond uitgevoerde laboratoriumanalyses af te wijken. Zij blijven daarbij zelfs binnen de nauwkeurigheidsgrenzen van het laboratoriumonderzoek. Hetzelfde geldt voor het humusgehalte, dat door een goede waarnemer tot op 0,5% nauwkeurig kan worden geschat. De korrelgrootte van de zandfractie kan tot besluit met een zandliniaal redelijk nauwkeurig worden bepaald..

Dit alles klinkt misschien erg stimulerend om snel de nodige veldkennis op te doen, maar het daadwerkelijk uitvoeren van veldanalyses is zeker niet eenvoudig. Alleen door veel te oefenen kun je het echt goed onder de knie krijgen. Een regelmatige controle van bestaande monsters is daarbij een goed hulpmiddel om je kennis op peil te houden.

Om in het veld enigszins uit de voeten te kunnen, belichten we wat kenmerken van gronden en geven je wat tips om mee te werken.

Het schatten van de korrelgrootte

Het schatten van het leem- en lutumgehalte en de korrelgrootte van grond kan alleen op voldoende nauwkeurig op vochtig materiaal. De grond in die toestand is kneedbaar tot licht vervormbaar. We noemen dit in de bodemkunde plastisch. Is de grond te droog dan moet je wat water toevoegen. Tot de uitrusting van een bodemkundige behoort dan ook stevast een flesje water. Is de grond te nat dan moet je deze wat droogwrijven in de hand.

Zandfractie

Zandfracties schat je alleen in gronden met een leemgehalte < 50% en kleigronden met een lutumgehalte < 8%. Voor de bepaling van de zandfractie neem je een beetje zand in de handpalm en wrijf dit droog. Vervolgens vergelijk je het met de monsters op de zandliniaal.

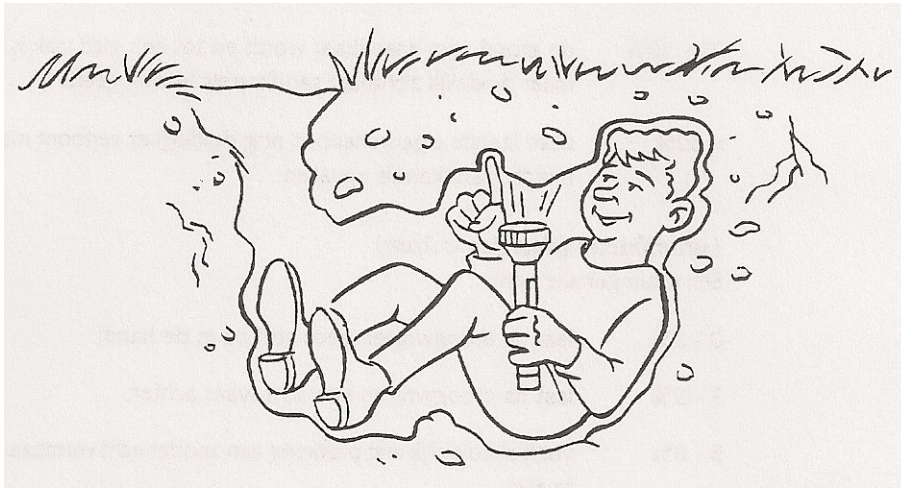


Figuur 4.1 De zandliniaal

Proeven was vroeger een veel gebruikt hulpmiddel om tot een schatting van het lutumgehalte te komen. In schoon terrein kan het nog steeds worden toegepast en is het zelfs aan te bevelen voor het beste resultaat en om ervaringen op te doen. In verontreinigd terrein is het beslist af te raden!

Alle eigenschappen gelden voor “gerijpte” grond, dus in principe voor dat deel van de bodem dat zich boven de laagst mogelijke grondwaterstand op die plaats bevindt. Het schatten van het leem- en lutumgehalte is het moeilijkst. De grond is vaak te nat en dan kun je deze gemakkelijker tot een glad vlak uitwrijven. Je moet in dit geval wat langer door wrijven zodat het teveel aan vocht verdwijnt. Je zult zien dat een eerst glad oppervlak toch stroef blijkt te worden. Op deze manier moet je nogal eens een eerste waarneming corrigeren.

Nog een tip is deze: rivierklei maakt je huid glad als met talkpoeder, zeeklei doet dit niet. Ook leem kent dit verschijnsel niet, wat je kan helpen om te bepalen of je met leem of klei te maken hebt.



Figuur 4.2: Grondonderzoek

Het schatten van het gehalte aan organische stof

We schatten bij het beoordelen van het organische stofgehalte alleen de humus. Het nog niet verteerde deel van het organische materiaal valt buiten de schatting. Let op want dit deel wordt wel in de laboratoriumtest meegenomen. Bij het schatten van het humuspercentage wordt gekeken naar de kleur van de grond: hoe donkerder hoe hoger het humusgehalte. Je moet hierbij wel weten in welk gebied je een grondmonster beoordeeld, want een gelijk humusgehalte in verschillende delen van het land komt niet op alle plaatsen met dezelfde kleur overeen. In het noorden zijn humeuze landbouwgronden vaak veel donkerder van kleur dan in het zuiden. Ook de aanwezigheid van “boshumus” en humusinspoelingslagen in een bodemprofiel kleuren vaak te donker. Als je vingers hardnekkig zwart in de groeven worden, heb je te maken met deze twee vormen van humus in de bodem.

Het schatten van het humusgehalte moet altijd op vochtige grond gebeuren, droge grond geeft een te “grijs” beeld.

Ter oriëntatie kun je figuur 1.8 raadplegen waarin enige algemene humusgehalten voor gronden vermeld staan.

Vragen 4.2

- Leg eens uit wat er in de structuur van de klei gebeurt als je ermee gaat boetseren.
- Wat vindt er na het boetseren plaats als je het gemaakte voorwerp in een oven gaat bakken?
- Waarom lukt boetseren en bakken met zand niet?

4.3 Bodemonderzoek op het laboratorium

In de beschrijving van de bodem komen we enige variabelen tegen die we met wat oefening in het veld zelf kunnen bepalen. We hebben hier in de vorige paragraaf mee geëxperimenteerd. Als we echter een monster meenemen en voor onderzoek naar een laboratorium sturen, worden daar deze variabelen nogmaals geanalyseerd. Nu echter volgens strikte laboratorium voorschriften. In het volgende hoofdstuk zullen we zien in welk verband de resultaten van deze experimenten worden gebruikt. Eerst laten we je kennis maken met de technieken die men op het laboratorium toepast.

De korrelgrootteverdeling op het laboratorium

Op het laboratorium wordt een exacte korrelgrootteverdeling uitgevoerd met een zeeffractieanalyse en een bezinksnelheidstest. Als voorbehandeling moet het grondmonster gereinigd worden van organische stof, carbonaten en ijzeroxide. Ook mag er geen grind in zitten.

Het humusgehalte

Het humusgehalte wordt op het laboratorium uitgevoerd volgens de gloeiverliesmethode. We gaan deze proef zelf ook uitvoeren. Als je na het gloeien het kroesje direct zou wegen, zie je dat de massa tijdens de bepaling sterk oploopt. Hiermee bedoelen we te zeggen dat het vochtgehalte bij dit experiment van groot belang is. Het monster moet vooraf goed gedroogd zijn en na afloop moet je het eerst laten afkoelen in een droge omgeving.

De pH-waarde

De meesten van jullie hebben wel voldoende basiskennis om te weten dat je met pH kunt aanduiden of een vloeistof zuur is of niet. Op een schaal van 1 tot 14 is 1 zeer zuur en 14 zeer alkalisch (of basisch), het tegenovergestelde van zuur. De meeste bodems hebben een pH tussen de 4 en de 9. De pH geeft de concentratie weer van waterstofionen (H^+) in de gemeten oplossing. Als er naar verhouding veel waterstofionen en weinig van de andere ionen in een oplossing zitten, dan is de pH laag en de oplossing zuur. En als er relatief weinig waterstofionen inzitten dan is de pH hoog en de oplossing alkalisch.

Een derde bepaling die vrijwel altijd op het laboratorium plaatsvindt, is de pH-meting. Je dient hiertoe een bepaalde hoeveelheid grond goed met water te mengen en van het water de pH-waarde te meten.

In de bodemkunde kennen we ook de pH-KCl. Bij grond die kleimineralen en/of organische stof bevat wordt de pH sterk beïnvloed doordat negatieve gronddeeltjes een aantal van de positieve H^+ -ionen binden. Je meet met gewoon neutraal water dus lang niet alle H^+ ionen en de pH blijft dus hoog. Wordt de pH gemeten in een oplossing van 1 mol kaliumchloride per liter dan worden alle H^+ -ionen geregistreerd. De positieve K-deeltjes verdringen de H-ionen van de aanhechtingsplaatsen van de bodem. Deze laatste komen nu in de oplossing en kun je meten. Bij grond met een hoog percentage organische stof verwachten we een groot verschil tussen pH- H_2O en pH-KCl.

Vragen 4.3

- Bij chemisch laboratoriumonderzoek kunt je niet zomaar met elk monster beginnen. Welke fysische bepaling gaat vooraf aan de meeste chemische en fysische onderzoeken op grond?
- Bepaal het humusgehalte in % uit de volgende gegevens:
totale massa droge grond 9,987 gram
massa uitgedroogde en afgekoelde grond 9,023 gram
- Net uitgedroogde grondmonsters moeten eerst gekoeld worden, voordat je ze gaat wegen. Dit koelen doe je in een droogstolp of exsiccator. Waarom neemt een heet grondmonster bij het afkoelen vocht op?
- Voor een pH-bepaling voeg je eerst wat water aan de grond toe. Waarom doe je dit?
- Is het belangrijk hoeveel water je aan de grond toevoegt bij een pH-bepaling? Leg uit.

Hoofdstuk 5 Bodemkwaliteitsnormen

5.1 Inleiding

Als je de variatie in de samenstelling van de bodem over geheel Nederland bekijkt, spreekt het vanzelf dat je nooit voor alle bodemtypen dezelfde normen kunt opstellen. We hebben gezien dat water en de daarin opgeloste stoffen in grote delen van ons land nauwelijks in de bodem kunnen doordringen. Op andere plaatsen adsorberen schadelijke stoffen in de bodem aan lutum en organische stof deeltjes. De regering is dan ook tot de conclusie gekomen dat bodemkwaliteitsnormen afhankelijk zijn van de grondsoort waarvoor ze gelden.

5.2 De milieukwaliteit van onze bodem

Wat moeten we verstaan onder de bodemkwaliteit? De mogelijkheid om er op te kunnen bouwen, of de geschiktheid om er een tunnel doorheen te boren? Wat bodemkwaliteit is, is afhankelijk van wie naar die kwaliteit vraagt. Is het de landbouwsector dan zijn factoren als vruchtbaarheid en watervasthoudend vermogen belangrijke aspecten. De bouwwereld heeft eisen ten aanzien van de draagkracht. In deze paragraaf kijken we naar wat wij met z'n allen voor eisen stellen aan de kwaliteit van de bodem als deel van ons leefmilieu.

Bodemkwaliteitsnormen in milieukundige betekenis hangen af van eigenschappen van de bodem als lutum %, organisch stofgehalte en zuurgraad. Deze variabelen bepalen ook bodemprocessen als uitspoeling, ophoping en omzetting en bepalen ook hoe je na verontreiniging de bodem weer schoon kunt maken. De bodem is de drager van niet alleen ons doen en laten, maar ook van onze voeding en dus ons leven. Een stelsel van scherpe normen voor bodems is dan ook een zeer nuttig instrument om hiermee bepaalde functies veilig te stellen.

Scherpe normen zijn opgesteld om de multifunctionaliteit van de bodem te beschermen. Een multifunctionele bodem dient geschikt te zijn om onder andere de volgende functies te vervullen:

- op een bodem dienen mensen te kunnen wonen en leven en moeten de bij de bodemgesteldheid passende planten en dieren kunnen voor komen;
- de bodem dient geschikt te blijven voor de winning van grondwater, van een kwaliteit die zonder ingrijpende zuivering geschikt is voor de bereiding van drinkwater;
- de bodemvruchtbaarheid voor de landbouw moet gehandhaafd blijven;
- de vaste, vloeibare en gasvormige delfstoffen in de bodem dienen geschikt te blijven als grondstof voor de menselijke samenleving.

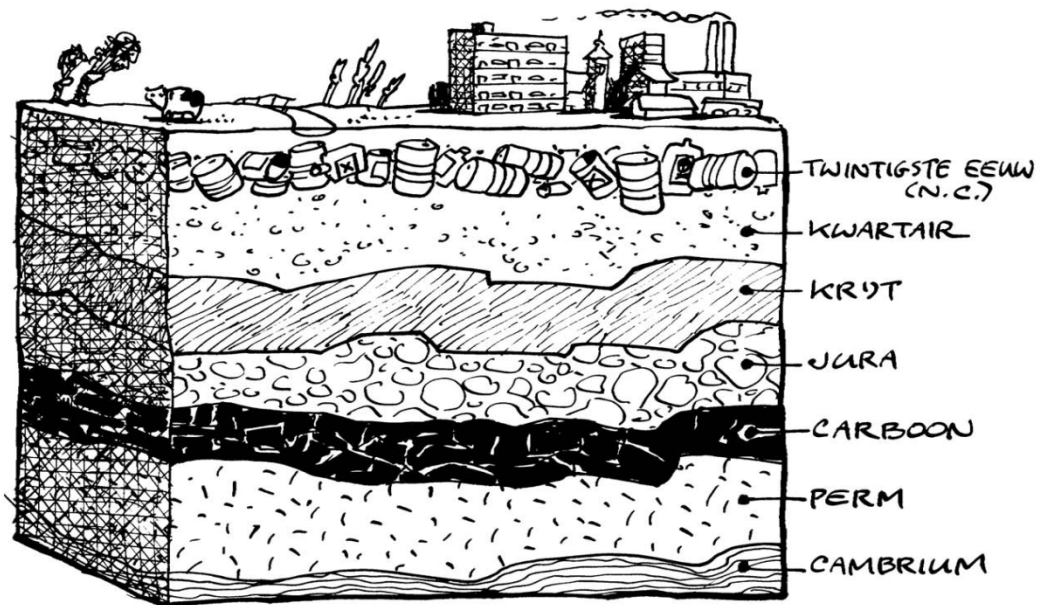
Als je multifunctionaliteit op deze wijze beschrijft, kun je voor een aantal stoffen dit met getallen duidelijk aangeven. Voor milieueigen stoffen is er een achtergrond- of referentiewaarde opgesteld. Deze waarde is het uiteindelijke doel van een schoon bodemmilieu. We noemen deze referentienorm dan ook achtergrondwaarde. Het milieucompartiment bodem mag stoffen in een zodanige concentratie bevatten dat de natuurlijke achtergrondwaarde niet overschreden worden. Je maakt een keuze van de stoffen die je voor normen wilt gebruiken op basis van:

- toxiciteit
- ophoping in gewassen
- slechte afbreekbaarheid

- mogelijke uitspoeling naar het grondwater
- uitwisseling met andere milieuc compartimenten

De achtergrondwaarden van de stoffen komen voort uit onderzoek naar wat giftige stoffen voor invloed op organismen hebben. Dit noemen we ecotoxicologisch onderzoek. Voor het ecosysteem ligt de achtergrondwaarde op de hoeveelheid vervuiling waarbij 95% van de soorten in de bodem geen schade ondervindt. Boven die achtergrondwaarde is de bodem niet meer multifunctioneel. Dit is een kernbegrip in het beleid. Als de bodem boven achtergrondwaarde komt, hoeft er echter nog niet altijd en direct gesaneerd te worden.

De bodem is niet iets dat op zichzelf staat. Je moet goed beseffen dat bodems in contact staan met het grondwater en de lucht. Er is bijvoorbeeld een bepaald evenwicht tussen deeltjes in de bodem en in het bodemwater. In de bodem kunnen goed oplosbare verontreinigingen in het bodemwater terecht zijn gekomen, terwijl de gronddeeltjes zelf nauwelijks besmet zijn.



Figuur 5.1: De bodemopbouw van Nederland

Vragen 5.2

- Iedereen die met de bodem te maken heeft stelt zo zijn specifieke eisen. Welke eisen zou een ingenieur aan een bodem stellen waarin hij een riolering moet aanleggen? Bespreek de factoren grondsoort, bodemrijping en grondwaterstand.
- We kennen multifunctionele en functiespecifieke bodemkwaliteit. Geef van beide begrippen een omschrijving van hun betekenis.
- Sommige bodems zijn gevoeliger voor verontreiniging dan andere. Leg eens uit dat een bodem die moeilijk verontreinigd raakt, maar het desondanks toch is, dan ook moeilijk te reinigen is.
- We kennen voor een groot aantal stoffen achtergrondwaarden. Waarom zijn er geen achtergrondwaarden voor het gehalte aan natriumchloride, en fosfaat- en nitraatverbindingen?
- Leg uit of je grondwater en grind ook delfstoffen zou kunnen noemen.

- f. Sommige deeltjes hechten zich aan het bodemmateriaal, andere bevinden zich hoofdzakelijk in het grondwater. Geef een voorbeeld van deeltjes die zich aan de bodemstructuur hechten en zich niet of nauwelijks in het grondwater bevinden.
- g. Geef ook een voorbeeld van deeltjes die direct in het grondwater oplossen en zich slecht aan bodemmateriaal hechten.
- h. De bodemvruchtbaarheid neemt vooral op zandgronden in de loop van jaren af. Dit is een natuurlijk proces op met name landbouwgronden. Door welk natuurlijk proces vindt dit plaats? Wat kun je eraan doen om dit proces te stoppen?

5.3 Toetsingswaarden voor de milieukwaliteit van de bodem

Bij het uitvoeren van een bodemonderzoek wil je graag een richtlijn hebben om te weten of een bodem is verontreinigd of niet. Je zoekt een handvat van getallen waar je de analyses van de bodemonsters mee kunt vergelijken. De wetgever heeft een lijst opgesteld van stoffen die je bij een bodemverontreiniging kunt tegen komen. Ook wordt erbij aangegeven boven welke concentraties deze stoffen problemen opleveren voor ons leefmilieu.

In de Wet bodembescherming is een Circulaire Bodemsanering opgenomen. Deze uitgave bevat een Toetsingstabel met toetsingswaarden voor stoffen. De stoffen zijn niet geselecteerd op hun milieugevaar, maar op basis van het feit dat ze bij eerdere gevallen van bodemverontreinigingen zijn aangetroffen. De toetsingstabel is opgebouwd uit 7 categorieën.

- Categorie 1 metalen; chroom, cadmium, lood
- Categorie 2 anorganische verontreinigingen; NH_4^+ , CN^- , Br^-
- Categorie 3 aromatische verbindingen; benzeen, toluen, fenol
- Categorie 4 polycyclische koolwaterstoffen; PAK's
- Categorie 5 gechloreerde K.W.S.; PCB's, trichlooretheen, per
- Categorie 6 bestrijdingsmiddelen; DDT, HCH, atrazin
- Categorie 7 overige stoffen; minerale olie; benzine; pyridine

De toetsingswaarden heeft men opgesteld voor de bodemsanering. Bodemsanering is volgens de wet pas noodzakelijk als mens en milieu ernstig gevaar lopen. Hoe ernstig is ernstig gevaar en waar ligt de grens? Op verzoek van het RIVM is hier uitgebreid onderzoek naar gedaan. Er is in de meeste gevallen pas noodzaak tot sanering als voor een stof een bepaalde kritische waarde wordt overschreden. Per stof wordt deze waarde aangegeven als de interventiewaarde. Interventie komt van interveniëren en dat betekent ingrijpen. Als deze waarde niet is overschreden, wil dat niet zeggen dat de bodem schoon is. De verontreiniging levert dan alleen nog geen ernstig gevaar op voor mens en milieu, althans volgens de berekeningen. De bodem is pas schoon als de concentratie van verontreinigende stoffen onder de achtergrondwaarde ligt. Deze is gelijk aan de hoeveelheid stof die een mens dagelijks mag binnenkrijgen met verwaarloosbare nadelige effecten.

parameter	grond (in mg/kg ds)		grondwater (in µg/kg ds)	
	achtergrondwaar de	interventiew. de	achtergrondwaar de	interventiew. de
nikkel	35	210	15	75
koper	36	190	15	75
zink	140	720	65	800
cadmium	0,8	12	0,4	6
kwik	0,3	10	0,05	0,3
lood	85	530	15	75
chromium	100	380	1	30

Figuur 5.2 Achtergrond- en Interventiewaarden voor een standaardbodem en grondwater

De interventiewaarden zijn opgebouwd uit twee elementen:

- het gevaar voor de gezondheid van de mens en
- het gevaar voor het ecosysteem.

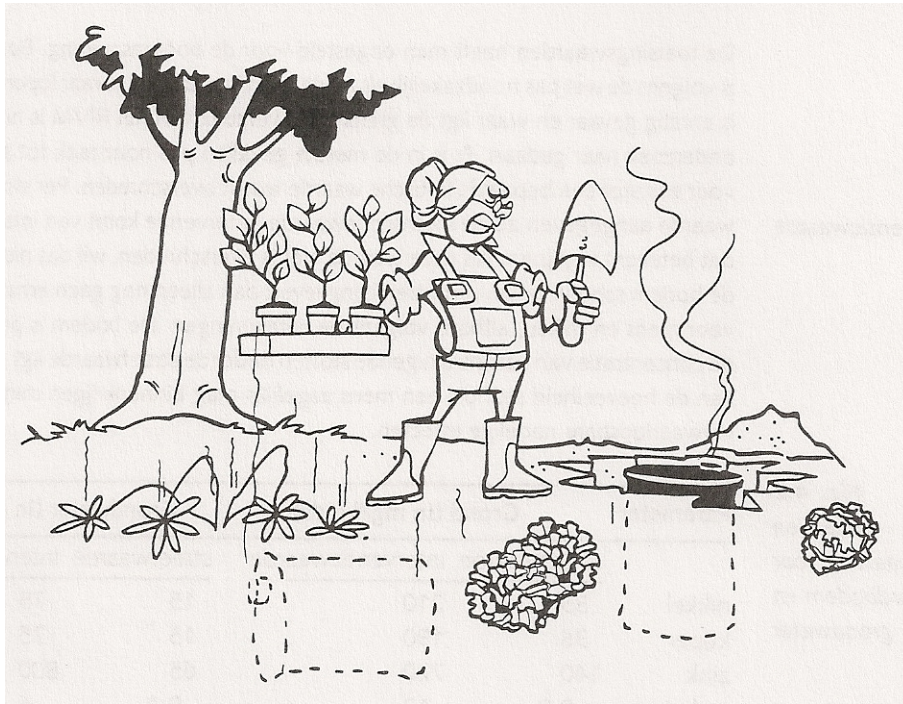
Deze twee waarden zijn tot een waarde samengevoegd. Bij de berekening van de humaan-toxicologische waarde, waarin het gevaar voor de volksgezondheid wordt uitgedrukt, is uitgegaan van acht routes waarlangs de mens direct of indirect blootstaat aan bodemverontreiniging. Van die routes zijn de belangrijkste:

- het eten van verontreinigde grond,
- het eten van besmette gewassen en
- het inademen van verontreinigde lucht

Verder kan het inademen van besmette stofdeeltjes, het drinken van vervuild water en huidcontact met verontreinigde grond of water schadelijke gevolgen hebben voor de mens.

De interventiewaarden voor ecotoxiciteit zijn gebaseerd op de veronderstelling dat het ecosysteem ernstig gevaar loopt als vijftig procent van de soorten in de bodem nadelige effecten ondervindt van de verontreinigingen. De mate waarin de schadelijke stoffen effect hebben op de organismen is niet bekend. De ene soort zal dood zijn, terwijl de andere er bijna niets van merkt. Ook bij de achtergrondwaarde, waarbij 95 procent van de soorten is beschermd, wordt er zeer wisselend nadeel van de stoffen ondervonden.

Uit de humaan toxicologische- en de ecotoxicologische waarde wordt de samengestelde interventiewaarde afgeleid. In de meeste gevallen is gekozen voor de strengste, dus de laagste van de twee waarden.



Figuur 5.3: Humane risico's ontstaan waar de interventiewaarde wordt overschreden.

Een ander element in de Circulaire is het toepassen van een bodemtypecorrectie. De interventiewaarden zijn vastgesteld voor een soort standaardbodem die 10 procent organische stof en 25 procent lutum bevat. Deze bodem komt echter in Nederland nauwelijks voor. Bij de correctie voor het bodemtype wordt ervan uitgegaan dat zandgronden extra beschermd moeten worden, omdat die stoffen minder goed vasthouden dan kleigronden. Voor een zandbodem gelden volgens deze correctie andere, lagere, waarden dan voor een kleibodem.

Vragen 5.3

- In de bodemcorrectiefactor neemt het lutumgehalte een belangrijke plaats in. Wat versta je onder het lutumgehalte van een bodem?
- We kennen een correctieformule voor bodems die onder andere samenhangt met het lutum en organische stofgehalte. Geef aan of het zinvol is om ook een correctiefactor voor grondwater in te stellen.
- Welke is de meest kritische stof uit figuur 3.2. Waarom is men tot deze conclusie gekomen?

5.4 De bodemstructuur als maat voor de bodemkwaliteit

De grootte van de bodemdeeltjes, de textuur, is duidelijk een belangrijk kenmerk van bodems, maar ook de vorm die ze aannemen als ze in groepjes gaan samenklonteren is belangrijk. Die vorm, de bodemstructuur, hangt af van zowel de fysische als de chemische eigenschappen.

Factoren die de structuur beïnvloeden zijn de gehalten aan klei en humus, uitzetten en krimpen door weersinvloeden (nat worden en drogen, maar ook bevriezen en ontdooien),

worteldruk, biologische invloeden (kleine dieren zoals wormen) en menselijke activiteit. De verschillende bodemstructuurtypen vallen in een aantal categorieën.

Als je naar een bodem met een goed bodemleven kijkt, dan zie je geen losse bodemdeeltjes, maar aggregaten (klonten) van die deeltjes. Het bodemleven produceert de lijm die de losse deeltjes aan elkaar lijmt. Terwijl ze hun dagelijkse bezigheden uitvoeren produceren bacteriën, schimmels en wormen kleverige suikers die zich als lijm gedragen en individuele mineralen en humusdeeltjes verbinden tot aggregaten.

Laten we beginnen met de bacteriën. Met het slijm dat ze produceren kleven ze aan deeltjes en aan elkaar vast. Kolonies vormen zich en die kleven ook weer aan elkaar, net als de deeltjes waar de bacteriën aan vastzitten. Schimmels helpen ook bij de vorming van aggregaten.



Figuur 5.4 Voorbeelden van een goede bodemstructuur

Wormen verwerken bodemdeeltjes terwijl ze naar voedsel zoeken. Ze nemen individuele mineralen en organische materialen op en uiteindelijk komen er aggregaten uit; deze zijn zo groot, dat ze meteen herkend kunnen worden als wormen uitwerpselen. Bedenk ook eens hoeveel invloed de bodemorganismen hebben als ze zich door de bodem heen bewegen. Elke groep heeft een andere lichaamsbreedte. Door hun bewegingen maken ze ruimte tussen bodemdeeltjes en in aggregaten.

Als laatste trekken elektrische ladingen op de oppervlakken van organische stof en kleideeltjes elkaar aan, maar ook chemicaliën (calcium, ijzer, aluminium) die opgelost zijn in water houden bodemdeeltjes bij elkaar.

Waarom behandelen we bodemstructuur eigenlijk in dit boek? Omdat het één van de belangrijkste kenmerken is voor goede groei -omstandigheden. Als er voldoende bodemstructuur is, is er voldoende drainage maar ook voldoende adsorptie en capillariteit. De luchtcirculatie die nodig is voor de biologische activiteit is voldoende. En misschien wel het belangrijkste: als er voldoende structuur is, dan is er ook voldoende leefruimte voor het bodemleven. Goede bodemstructuur kan hoosbuien weerstaan, extreme droogtes, de hoeven van kuddedieren en ernstige bevriezing. De capaciteit om water en voedingsstoffen vast te houden is groot. Het leven in en op zo'n bodem floreert.

Een slechte structuur resulteert in een bodem die slecht water vast kan houden. Bovendien zakt de bodem in elkaar door de eerder genoemde omstandigheden, of het nou natuurlijk is of door mensen veroorzaakt. Er zit weinig leven in en de terugval van de vruchtbaarheid drijft boeren en tuinders ertoe in toenemende mate naar kunstmest te grijpen. Je kunt met deze beschrijving op een eenvoudige manier de kwaliteit van de bodem aan de hand van de structuur beschrijven.



Figuur 5.5 Een mooie bodemstructuur

Vragen 5.4

- a. Noem een tweetal voorbeelden van een bodemgebruik door de landbouw waarbij de bodemstructuur schade ondervindt?
- b. Leg uit waarom op een akker jaarlijks organische stof moet worden opgebracht om de bodemstructuur op peil te houden.

Hoofdstuk 6 Het Bodemvoedselweb

6.1 Inleiding

De meeste mensen weten dat in een goede bodem planten kunnen groeien, en in een slechte niet, maar daar houdt het meestal wel bij op. Je hebt ongetwijfeld wel eens regenwormen gezien in een goede bodem en zult ook ander bodemleven bij het graven in een tuin of elders aangetroffen hebben: duizendpoten, springstaarten, mieren, naaktslakken, larven van het lieveheersbeestje en nog veel meer. Het meeste van dit leven zit in de bovenste 10 centimeter; maar er zijn ook bodemmicroben gevonden die comfortabel op een diepte van ruim drie kilometer leven. Een goede bodem bestaat echter niet uit een paar beestjes. Een goede bodem krioelt van het leven, maar dit weten maar een paar echte onderzoekers.



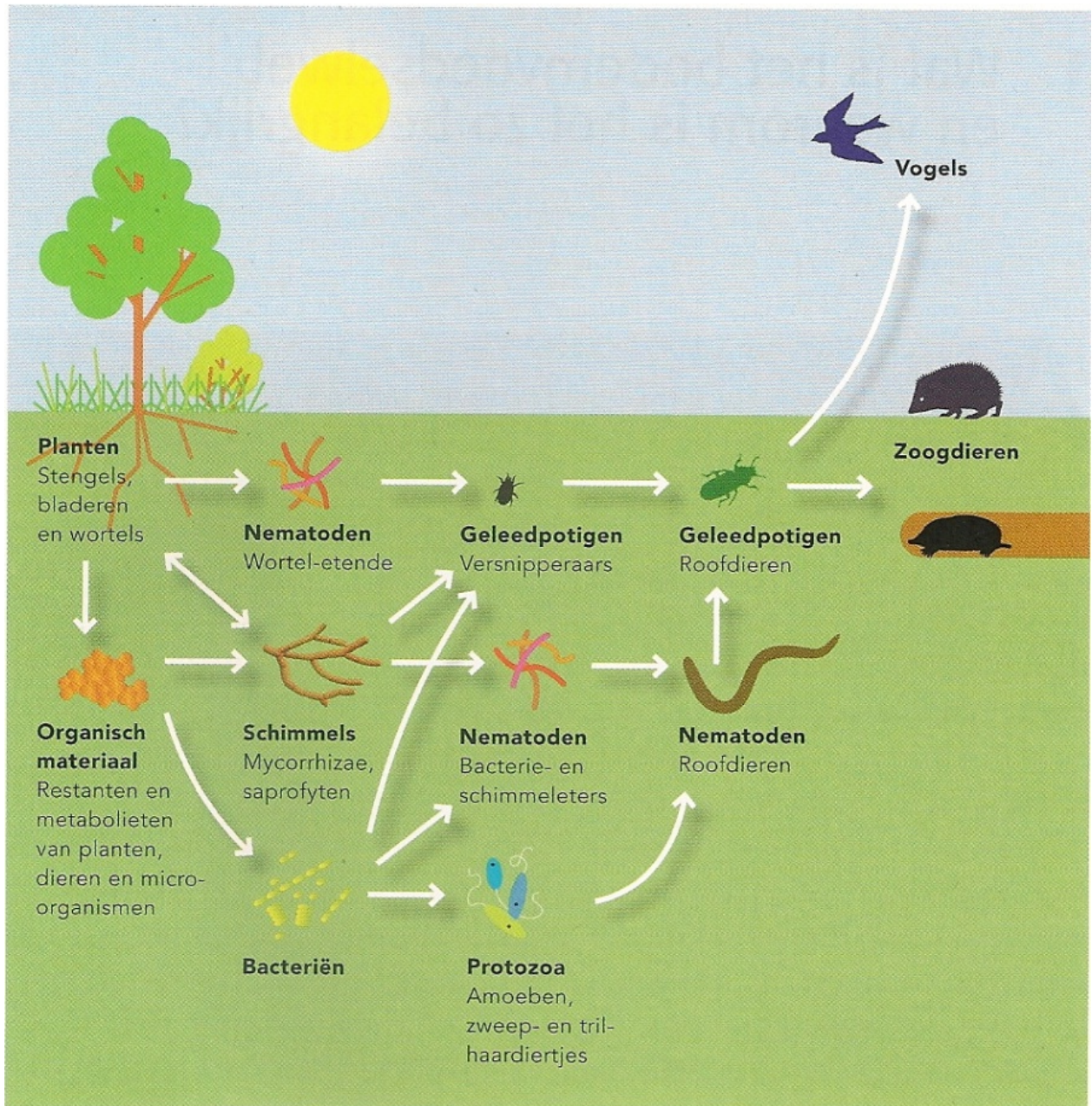
Figuur 6.1 Bodemleven

6.2 Bodemvoedselweb

Naast alle bodembeestjes die je kunt zien (er zitten bijvoorbeeld wel 500 regenwormen in een vierkante meter gezonde bodem), is er een hele wereld vol organismen die je niet kunt zien tenzij je moderne, dure optische instrumenten gebruikt. Alleen dan worden de microscopisch kleine organismen - bacteriën, schimmels, protozoa, nematoden - zichtbaar, en in verbijsterende aantallen. Een theelepeltje goede tuingrond bevat, zo hebben microbe-genetici gemeten, een miljard onzichtbare bacteriën, meters schimmeldraden, enkele duizenden protozoa en een paar dozijn nematoden. Voor al het bodemleven geldt: het heeft energie nodig om te overleven.

Hoewel enkele bacteriën hun energie uit zwavel, stikstof of zelfs ijzerverbindingen halen, moet de rest zijn energie halen uit iets waar koolstof in zit om te blijven leven. Koolstof kan komen uit plantenresten of uit de uitwerpselen of overblijfselen van andere organismen. Bovenaan het prioriteitenlijstje van al het bodemleven staat: 'koolstof verkrijgen voor de

stofwisseling' - het is een wereld van eten en gegeten worden, zowel in de bodem als er bovenop.



6.2 Het bodemvoedselweb

De meeste organismen eten meer dan één soort prooi, dus als je een schema maakt van wie wie eet in de bodem, dan wordt de rechtlijnige keten een reeks ketens die gekoppeld zijn en elkaar overlappen, met andere woorden: een bodemvoedselweb.

Figuur 6.2 is de vereenvoudigde weergave van een bodemvoedselweb. Maar zoals je je kunt voorstellen vertegenwoordigen deze en andere diagrammen complexe en zeer ontwikkelde reeksen van interacties, relaties en chemische en fysische processen. Het verhaal dat elke reeks vertelt is echter eenvoudig en begint altijd bij de plant.

Planten trekken aan de touwtjes

Je denkt misschien dat een plant alleen maar voedingsstoffen via het wortelstelsel opneemt en daarmee de bladeren voedt. Daarbij realiseer je je niet dat een plant 96% van zijn droge biomassa uit de lucht haalt door middel van fotosynthese. Een groot deel van de energie uit fotosynthese wordt gebruikt om chemische stoffen te produceren die de planten via de wortels uitscheiden.

Een goed voorbeeld van deze uitscheidingen is zweet: het is een uitscheiding van mensen dat, net als bij planten, beschermende bacteriën aantrekt. Uitscheidingen komen uit de wortel in de vorm van koolhydraten (suikers) en eiwitten (proteïnen). De aanwezigheid van uitscheidingen zorgt voor het wekken, aantrekken en voeden van specifieke nuttige bacteriën in de bodem, die hiervan leven en van de afgestorven plantencellen die bij de groei van de wortel vrijkomen.



Figuur 6.3 In de rhizosfeer vinden allerlei processen en uitwisselingen plaats.

Dit vindt allemaal plaats in de rhizosfeer, een zone die zich ongeveer twee millimeter rond de wortels bevindt. De rhizosfeer, die er onder de elektronenmicroscopie uit kan zien als jam of drilpudding, bevat een constant wisselende mix van bodemorganismen, waaronder bacteriën, schimmels, nematoden, protozoa en zelfs grotere organismen. Al dit 'leven' wedijvert om de uitscheidingen in de rhizosfeer, of het water en de mineralen die erin zitten.

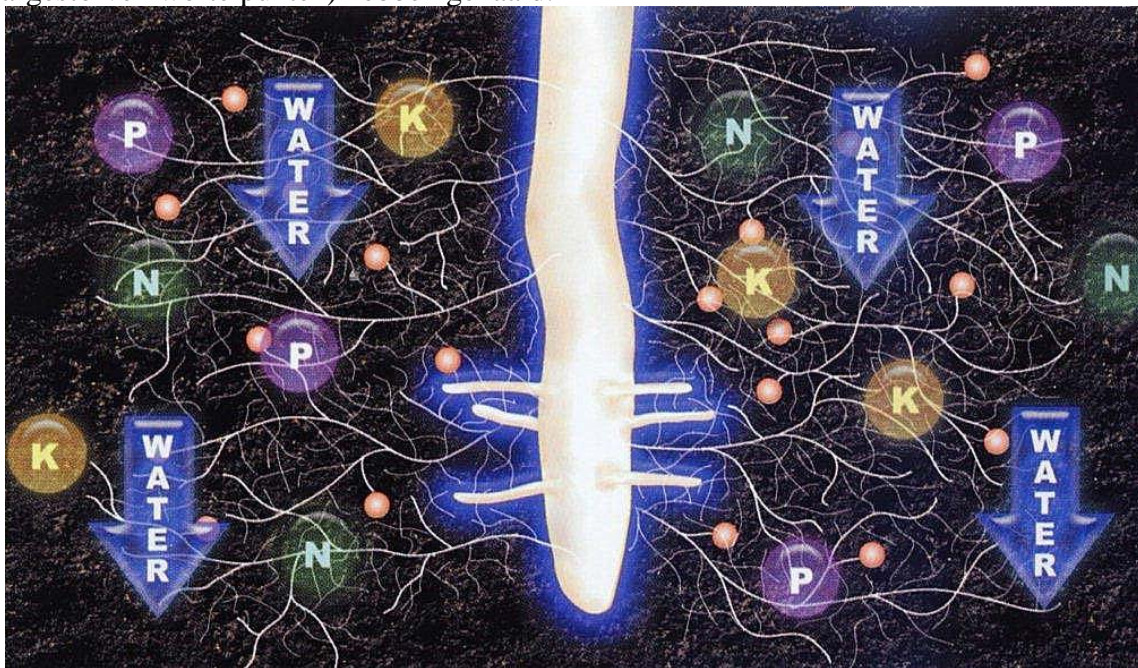
Onderaan in het bodemvoedselweb bevinden zich de bacteriën en de schimmels, die worden aangetrokken door de worteluitscheidingen en eten deze op. Op hun beurt worden zij weer gegeten door grotere microben, met name nematoden en protozoa (amoeben, pantoffeldiertjes, zweephaardiertjes en trilhaardiertjes), die ze voornamelijk voor de koolstof eten zodat hun stofwisseling kan blijven draaien.

Alles wat ze niet nodig hebben wordt als afval weer uitgescheiden in een vorm die planten rechtstreeks op kunnen nemen. Handig dat de productie van voedingsstoffen in de rhizosfeer plaatsvindt, precies waar de plant ze op kan nemen.

Centraal in elk levensvatbaar voedselweb staan de planten. Planten hebben de controle over het bodemvoedselweb en doen daar hun voordeel mee. Onderzoeken wijzen uit dat planten, door de uitscheidingen die ze produceren, invloed uitoefenen op de aantallen en soorten schimmels en bacteriën die worden aangetrokken tot de rhizosfeer. En aangezien verschillende soorten organismen verschillende soorten voedingsstoffen mineraliseren, kunnen planten dus bepalen welke voedingsstoffen er in de rhizosfeer beschikbaar komen.

Gedurende het groeiseizoen nemen de populaties van de schimmels en bacteriën toe en weer af, afhankelijk van de hoeveelheid voedingsstoffen die de plant nodig heeft en welke uitscheidingen hij produceert.

Bodembacteriën en schimmels lijken op kleine zakjes mest, want ze bevatten stikstof en andere voedingsstoffen die ze uit uitscheidingen en ander organisch materiaal (zoals de afgestorven wortelpunten) hebben gehaald.



Figuur 6.4 Mycorrhiza schimmeldraden zorgen voor de opname van voedingsstoffen door de plant.

Om dit voorbeeld nog wat verder door te voeren: protozoa en nematoden dienen als meststrooiers, doordat ze de voedingsstoffen vrijmaken die opgeslagen zaten in de bacteriën en schimmels (de 'mestzakjes'). De nematoden en protozoa komen langs in de rhizosfeer en eten de bacteriën en schimmels. Ze nemen op wat ze nodig hebben en de overtollige koolstof en andere voedingsstoffen scheiden ze uit als afval.

Als je ze hun gang laat gaan, dan produceren planten uitscheidingen waarmee ze schimmels en bacteriën aantrekken (en indirect ook nematoden en protozoa); hun overleven hangt af van de interactie tussen deze microben. Het is een volledig natuurlijk systeem, hetzelfde dat planten heeft gevoed sinds hun ontstaan, tweeënhalf miljard jaar geleden. Het bodemleven levert de voedingsstoffen die nodig zijn voor de planten, terwijl planten de cyclus opstarten en hem in stand houden door hun uitscheidingen.

Vragen bij 6.2

- a. In de tekst staat “voor al het bodemleven is de prioriteit, koolstof verkrijgen voor de stofwisseling”. Als je echter een dierlijk organisme pure koolstof (norit) geeft kan hij er niets mee. Ook niet met kooldioxidegas. Verklaar dit eens.
- b. In figuur 6.3 staat naast de centrale plant een mooie bloem. Leg uit wat er zo speciaal is aan het wortelstelsel van deze bloem.
- c. Het bodemleven “mineraliseert” de voedingsstoffen die de plant daarna weer op kan nemen. Wat bedoelen we met mineraliseren?

6.3 Bodemleven

Structuurvormers

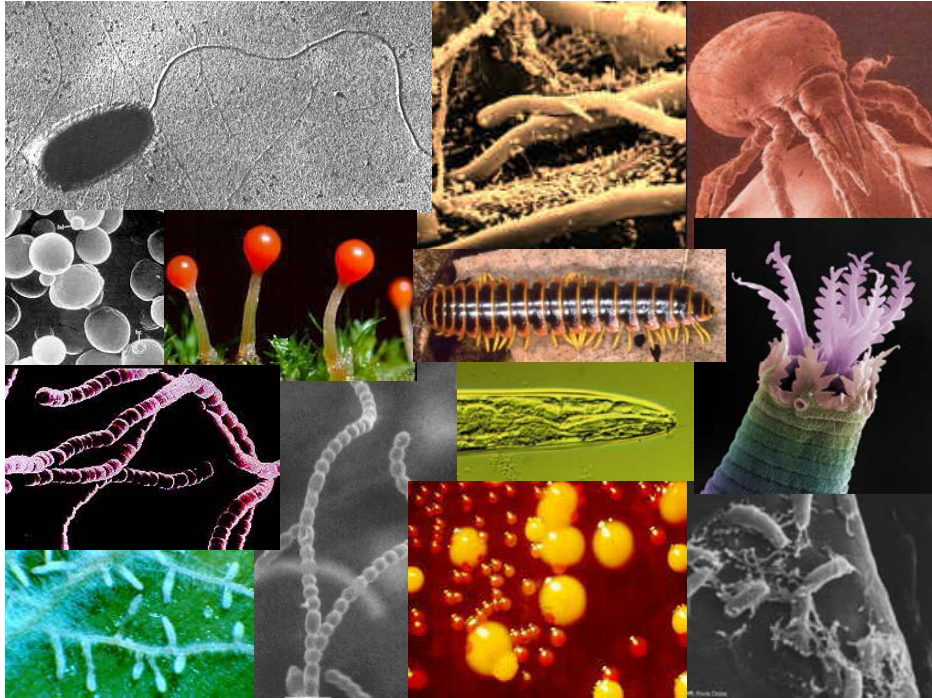
De protozoa en nematoden die de door uitscheidingsen aangetrokken schimmels en bacteriën opaten, worden op hun beurt opgegeten door geleedpotigen (dieren met gesegmenteerde lichamen, gelede poten en een harde buitenkant, het exoskelet). Insecten, spinnen en zelfs garnalen en kreeften zijn geleedpotigen.

Geleedpotigen in de bodem eten elkaar en zelf zijn ze voedsel voor slangen, vogels, mollen en andere dieren. Je zou kunnen zeggen dat de bodem één groot fastfoodrestaurant is. Tijdens het zoeken naar eten bewegen de leden van een bodemvoedselweb zich door de bodem en beïnvloeden de structuur.

Bacteriën zijn zo klein dat ze zich ergens aan vast moeten plakken, anders spoelen ze weg.

Dat doen ze door een slijmlaagje te produceren. Bijkomend effect is dat de bodemdeeltjes ook aan elkaar blijven plakken (net als bij tandplak, dat zijn mondbacteriën die zich in de loop van de nacht aan je tanden hechten). Schimmeldraden groeien ook tussen de bodemdeeltjes. hechten zich eraan en rijgen ze aan elkaar tot aggregaten.

Wormen, samen met insectenlarven, mollen en andere gravende dieren, bewegen zich door de bodem op zoek naar voedsel en bescherming en maken gangenstelsels waardoor lucht en water de bodem kunnen binnenkomen en weer verlaten. Zelfs microscopische schimmels helpen hierbij. Het bodemvoedselweb helpt dus, naast dat het voedingsstoffen in de rhizosfeer aflevert, ook om structuur aan de bodem te geven: de activiteiten van de leden binden bodemdeeltjes aan elkaar en tegelijkertijd verbeteren ze de doordringbaarheid voor water en lucht.



Figuur 6.5 Ons bodemleven

Productie van voedingsstoffen

Als een lid van een bodemvoedselweb sterft, dan wordt het voer voor andere leden van de gemeenschap en zo worden de voedingsstoffen die opgeslagen zitten in het lichaam van een organisme doorgegeven. Een groter roofdier eet zo'n organisme misschien levend, of anderszins vergaan ze nadat ze dood zijn gegaan. Hoe dan ook zijn schimmels en bacteriën betrokken, in het afbreken van het organisme, of in het afbreken van de mest van de succesvolle eter. Het maakt niet uit. Voedingsstoffen blijven behouden en worden uiteindelijk opgeslagen in de lichamen van zelfs de kleinste schimmels en bacteriën. Als deze organismen zich in de rhizosfeer bevinden, dan komen de voedingsstoffen in plantopneembare vorm vrij zodra zij weer opgegeten worden of doodgaan.

Zonder dit systeem zouden de meeste belangrijke voedingsstoffen uit de bodem spoelen. Nu blijven ze behouden in de lichamen van "het bodemleven. Als je chemische meststoffen gebruikt, komt een klein deel ervan in de rhizosfeer, waar het opgenomen wordt, maar het grootste gedeelte verdwijnt uiteindelijk in het grondwater. Voor organisch gebonden voedingsstoffen geldt dit niet, die zijn wat men noemt geïmmobiliseerd. Deze voedingsstoffen worden uiteindelijk als afval weer uitgescheiden, dit heet mineralisatie. Als de planten zelf sterven en ontbonden worden, dan worden de voedingsstoffen die zij bevatten opnieuw geïmmobiliseerd in de schimmels en bacteriën waar ze door verteerd worden.

De aanvoer van voedingsstoffen in de bodem wordt nog op andere manieren door het bodemleven beïnvloed. Wormen trekken bijvoorbeeld organisch materiaal de bodem in, alwaar het versnipperd wordt door larven of andere insecten, zodat schimmels en bacteriën ze verder kunnen verteeren. Deze wormenactiviteit levert zo nog meer voedingsstoffen op voor de bodemgemeenschap.

Het voordeel voor de natuur

Waarom zou een natuuronderzoeker kennis moeten hebben van de werking van bodems en het bodemvoedselweb? Omdat je ze dan op een manier kunt beheren waardoor ze in het voordeel van de natuur werken, en in eerste instantie in dat van de planten. Door technieken te gebruiken die gebaseerd zijn op kennis van het bodemvoedselweb kunnen natuurbeheerders, boeren en tuinders stoppen met het gebruik van kunstmest, herbiciden, fungiciden en pesticiden. Dat scheelt een hoop werk. Ze kunnen gedegradeerde bodems verbeteren en ze weer bruikbaar maken. Bodems zullen voedingsstoffen vasthouden in de lichamen van de organismen waardoor ze niet uitspoelen naar het grondwater en de oppervlaktewateren. Planten zullen de voedingsstoffen krijgen in de vorm die ze willen, en nodig hebben, en zullen minder gestrest zijn. Je zult een natuurlijke ziektepreventie, -bescherming en -onderdrukking verkrijgen. En de bodem zal meer water op kunnen slaan.



Figuur 6.5 Een gezonde bosbodem met een natuurlijke voorjaarsflora

De organismen in het bodemvoedselweb zullen het meeste werk doen als het gaat om het gezond houden van de vegetatie. Miljarden levende organismen zullen onvermoeibaar doorwerken, het hele jaar door, doen pittige klusjes, leveren voedingsstoffen aan planten, bouwen beschermende structuren tegen plagen en ziekten, maken de bodem luchtig en verbeteren de drainage, zorgen voor de noodzakelijke doorgangen voor zuurstof en koolstofdioxide.

Zo ontstaat een gezonde bodem die de basis vormt voor een gezonde landbouw en een aan de bodem aangepast waardevolle natuur.

Vragen bij 6.3

- a. Wat versta je onder de bodemstructuur?
- b. Hoe noemen we een systeem waarbij organismen elkaars voedsel zijn en uiteindelijk weer tot voedingsstoffen worden afgebroken?
- c. Waarom hebben de meeste voedingsstoffen die door planten worden opgenomen een lading en zijn klein van formaat?
- d. Natuurlijke afbraak van dode organische materie in de bodem vindt niet gelijkmatig en altijd even snel plaats. Kun je een drietal factoren noemen die een snelle afbraak verhinderen?