

## 1.4

### De kwaliteit van bodem en water

## Inpassing programma Dordrecht

Voor Watermanagement (Dordrecht) is een indeling gemaakt. De opdrachten zijn opgedeeld in **must** (wat je moet doen), **should** (wat je zou moeten doen) en **could** (wat je nog zou kunnen doen).

Moment 1=18/11–Moment 2=25/11–Moment 3=2/12– Moment 4=19/12 – Moment 5=16/12

		Hoe belangrijk is de opdracht?			Wanneer?
		Must	Should	Could	
Opdracht 1	Profielkuil			x	NVT
Opdracht 2	Bodemhoofdgroepen	x			Moment 1
Opdracht 3	Herbarium bodemsoorten			x	Moment 1
Opdracht 4	Grondsoort	x			Moment 1
Opdracht 5	Veen		x		Moment 1
Opdracht 6	Bodemvruchtbaarheid	x			Moment 1
Opdracht 7	Bodemverbetering	x			Moment 1
Opdracht 8	Grondtype: zand, veen klei	x			Moment 1
Opdracht 9	Zoek de verschillen: leem en klei		x		Moment 1
Opdracht 10	Organische kringloop			x	Moment 1
Opdracht 11	Organische stof	x			Moment 1
Opdracht 12	Bodemverdichting		x		Moment 1
Opdracht 13	Grondmonster		x		Moment 2
Opdracht 14	Bodemleven			x	Moment 2
Opdracht 15	Bodemvoedselweb	x			Moment 2
Opdracht 16	Bacteriën en schimmels	x			Moment 2
Opdracht 17	Bodemdiertjes		x		Moment 2
Opdracht 18	Voedselkringloop			klas	Moment 2
Opdracht 19	pH-waarde	x			Moment 3
Opdracht 20	Bodemstructuur	x			Moment 3
Opdracht 21	Verplaatsbare elementen		x		Moment 3
Opdracht 22	Meststoffen		x		Moment 3
Opdracht 23	Gebreksverschijnselen		x		Moment 4
Opdracht 24	Hoof- en sporenelementen		x		Moment 4
Opdracht 25	Voedsel en voeding		x		Moment 4
Opdracht 26	Water op de kaart	x			Moment 5
Opdracht 27	Klimaatverandering	x			Moment 5
Opdracht 28	Ecosysteem	x			Moment 5
Opdracht 29	Tentoonstelling waterberging		x		Moment 5
Opdracht 30	Ecosysteem en water	x			Moment 5
Opdracht 31	Lijst planten en dieren	x			Moment 5
Opdracht 32	Regenbuien	x			Moment 5
Opdracht 33	Als elke druppel telt		x		Moment 5



## Indeling

Onderwerpen die aan bod komen in het grote document: de kwaliteit van bodem en water.

	HST	ONDERWERP	OMSCHRIJVING
Belangrijke begrippen	1	Bodem als basis	Uitleg begrippen bodem, grond profiel en textuur
	2	Ontstaansgeschiedenis van bodem(grond)	Tijdsperiode wat van invloed is geweest op ontstaan van bodemgrond.
Buitenkant Harde kern, materialen	3	Bodemindeling	Hoofd- en subgroepen
	4	Bodemdoorsnede in horizonten	Horizontencodering met uitleg opdrachten 1 t/m 4
	5	Verschillende grondsoorten	Overzicht grondsoort met kenmerken opdracht 5
	6	Bodemvruchtbaarheid	Chemische-, fysische- en biologische eigenschappen
	7	Bodemverbetering	Lucht, water, vaste - en organische delen opdrachten 6 t/m 9
	8	Organische kringloop	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kringlopen organische stof en mineralen</li> <li>✓ Organische stof- en koolstofgehalte</li> <li>✓ Bodemverdichting / verslemping</li> <li>✓ opdrachten 10 t/m 12</li> </ul>
Binnenkant Natuurlijke zaken	9	Bodemkringloop	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bodemorganismen</li> <li>✓ Uitleg bodemvoedselweb</li> <li>✓ opdrachten 13 t/m 15</li> </ul>
	10	Bacteriën en schimmels	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diverse soorten bacteriën met kenmerken</li> <li>✓ Overzicht schimmelsoorten met bijzonderheden</li> </ul>
	11	Regenwormen	Grote belang en functie van deze dieren
	12	Meer bodemleven	Overzicht van Protozoën, aaltjes en algen opdrachten 16 t/m 18
Mineralen en voedingsstoffen	13	Zuurgraad (pH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Wat is het en wat doet het</li> <li>✓ 4 soorten kalbemestingen</li> <li>✓ opdracht 19</li> </ul>
	14	Bodemstructuur	Overzicht obv grootte bodemdeeltjes met kenmerken opdracht 20
	15	Organische stof	Belang van deze stof en humus



	HST	ONDERWERP	OMSCHRIJVING
Begrippen algemeen	16	Hoofd- en sporenelementen	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Wat zijn het en wat valt er onder</li> <li>✓ Elk onderdeel wordt uitgewerkt met belang, nut en gebrekverschijnselen</li> </ul>
	17	Gebrekverschijnselen in het kort	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eenvoudig verplaatsbare elementen</li> <li>✓ Moeilijk verplaatsbare elementen</li> </ul>
	18	Bemesting	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Belang van de wortel</li> <li>✓ Bouwstenen</li> <li>✓ 5 meststoffen met kenmerken</li> <li>✓ opdrachten 21 en 22</li> </ul>
Hoofdelementen	19	hoofdelement Stikstof (N)	Belangrijk voor bovengrondse plantdelen, bladgroen en de vorming van eiwitten
	20	hoofdelement fosfaat (P) en (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> fosforzuurhydride)	Belangrijk voor wortelontwikkeling
	21	hoofdelement kali (K) en K <sub>2</sub> O (kaliumoxide)	Belangrijk voor sapstroom door de plant, aanmaak suikers en stevigheid
	22	hoofdelement magnesium (Mg)	Belangrijk voor aanmaak bladgroen
	23	hoofdelement zwafel (S) en SO <sub>4</sub>	Belangrijk voor vorming van eiwitten en intern transport
	24	hoofdelement calium (Ca)	Neutralisator van zuren, zorgt voor de waterhuishouding en stevigheid celwand
sporenelementen	25	sporenelement ijzer (Fe)	Belangrijk voor bladgroen, eiwitten en koolhydraten
	26	sporenelement mangaan (Mn)	Belangrijk voor celdeling en stofwisseling
	27	sporenelement koper (Cu)	Belangrijk voor huidmondjes, activering enzymen
	28	sporenelement molybdeen (Mo)	Belangrijk voor opneembaarheid voeding
	29	sporenelement borium (B)	Regelt de waterhuishouding in de cellen en transport
	30	sporenelement silicium (Si)	Is de bouwsteen voor de celwanden
Water en bodem	31	sporenelement zink (Zn)	Belangrijk voor de vorming groeistoffen opdrachten 23 t/m 25
	32	Groen water in de stad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Waterproblematiek</li> <li>✓ Oplossingen wat werkt wel/niet</li> <li>✓ 3 begrippen</li> <li>✓ opdrachten 26 t/m 29</li> </ul>
	33	Ontwateringssystemen	Verticale- en horizontale drainage opdrachten 30 en 31
	34	Waterberging en hergebruik	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Waterberging en wadi</li> <li>✓ Nota afkoppelen en infiltreren</li> <li>✓ Waterbergingsmogelijkheden</li> <li>✓ opdrachten 32 en 33</li> </ul>





## 1. Bodem als basis

### **Bodem**

Is een mengsel van minerale gronddeeltjes, organisch materiaal, water en lucht.

### **Grond**

Is een mengsel van verweerd materiaal, vloeistoffen en gasen dat aan of vlak onder het aardoppervlak voorkomt.

### **Bodemprofiel**

Is een verticale doorsnede van de bodem (in horizonten).

### **Bodemtextuur**

Korrelgrootteverdeling van de vaste bodemdeeltjes.

De bodem is de basis. Ook voor de natuur. Maar als beheerders weten we over het algemeen nog weinig over bodemprocessen (mineralenbalans en bodemleven) en hun invloed op de vegetatie.

Wanneer de bodem niet voldoet, groeien planten er niet of worden ziek.

Aarde is een aanduiding van de type grond. In de volksmond worden de termen bodem en grond door elkaar gebruikt.

### **Bodem**

Onder bodem wordt de bovenste 120-200 cm van de grond verstaan, waarin zich bodemvormende processen afspelen. Deze bodemvormende processen veroorzaken veranderingen in de samenstelling van de bodem, die onder andere zichtbaar worden in de vorming van zogenaamde horizonten.

### **Grond**

is een mengsel van verweerd materiaal, vloeistoffen en gasen dat aan het aardoppervlak of (vlak) daaronder voorkomt. Het niet-verweerde materiaal noemt men rots.

Het verweringsproces is een gevolg van inwerking van vorst en dooi, inwerking van de zon, regen en wind op de rots, welke uiteindelijk tot een breuk in het rotsgesteente leid.

De rotsblokken komen hierdoor los en rollen naar beneden, alwaar kleine delen worden meegevoerd door rivieren, richting de rivierdelta. Door verdere slijtage ontstaan steeds kleinere delen, achtereenvolgens grind, zand en tenslotte slib.

Veen echter ontstaat door het afsterven en rotten van planten.

### **Bodemprofiel**

De bovenste 2 meter van de grond heeft een bepaald profiel. Het bestaat uit verschillende opgebouwde lagen. Daar kun je ook een verticale dwarsdoorsnede van maken.



Afbeelding verticale dwarsdoorsnede van de bodem.



Afbeelding doorsnede diverse lagen grondopbouw.



Wat is het belang van een bodemprofiel?

Hieruit kun je afleiden met wat voor soort grond je te maken hebt en wat voor passende maatregelen je kunt cq moet nemen:

- 1) Zijn er storende lagen
- 2) Waar bestaan de lagen uit
- 3) Hoe brengen we dit in cultuur

### **Bodemtextuur**

De bodem is ingedeeld in lagen, ook wel horizonten genoemd. Die horizonten bestaan uit kleine deeltjes grond, maar die kunnen verschillende groottes hebben. Zand bijvoorbeeld heeft een andere bodemtextuur dan klei.

### **Bodem en water**

Wat is het belang van bodem in combinatie met water?

Het belang is de verhouding van water met de gronddelen. Tevens is water essentieel voor het functioneren van bodemleven en planten/bomen. Te veel of te weinig water geeft direct problemen.

Voor het begrijpen van natuurlijke processen en de werking van ecosystemen is bodemkunde onontbeerlijk.





## 2. Ontstaansgeschiedenis van bodem(grond)

### Sediment

Afzetting door wind, water en/of ijs getransporteerd materiaal, zoals grind, klei, silt en lutum.

### Fluviatiele sediment

Afzetting door een rivier, zoals zand, klei en grind.

### Eolische sediment

Afzetting door wind, zoals dekzand en Löss.

### Marien sediment

Afzetting door zee, zoals slib en zeeklei.



Hoe is de bodem(grond) ontstaan? En welke landschappen zijn hierdoor ontstaan, dat is interessant om te weten.

Er zijn 4 verschillende factoren die van invloed zijn geweest hoe de bodem(grond) is ontstaan, nl:

- ✓ Moedermateriaal (oermateriaal wat er eerst was)
- ✓ Tijd (natuurlijke bodemvormende processen)
- ✓ Klimaat
- ✓ Organismen (flora, fauna)

Het is van essentieel belang dat je, voordat je met de bodemgrond aan de slag gaat, je realiseert met wat voor bodemlagen je te maken hebt of kunt krijgen. Hiervoor is het verstandig eerst een profiel te maken. Ontstaansgeschiedenis is een stuk belangrijke kennis om een goede inschatting van de bodem te kunnen maken. Laten we eens kijken hoe de diverse grondlagen ontstaan zijn.

### Rivieren

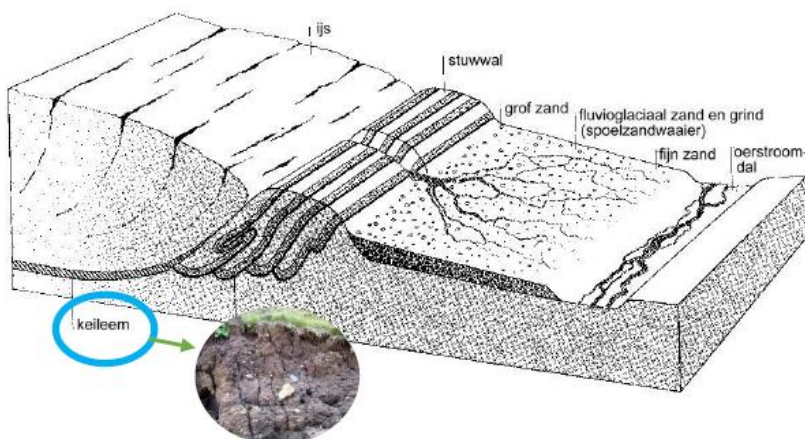
In de rivieren in Nederland liggen dikke lagen zand, klei en grind (puinwaaier). Dit wordt door rivieren zelf meegevoerd (fluviatiele sedimenten).

### IJstijden

In de IJstijden werden zand, klei en grind opgestuwd door het ijs, de zogenaamde Stuwwallen.

Onder het ijs ontstond **keileem**. Dit heten glaciale elementen.

Het ijs begon te smelten; ijswater stroomde dwars door de stuwwallen en nam zand mee wat als spoelzandvlakte werd neergelegd. In Friesland en Groningen ontstonden voornamelijk keileembulten door de Tweede IJstijd.



Afbeelding doorsnede ontstaan van keileem en hoe deze er uitziet.

## Wind

De wind zorgde voor dekzand in Oost-Nederland. Fijne deeltjes ook land inwaarts gewaaid. Deze Löss vind je bij Nijmegen en Zuid-Limburg. Dekzand & Löss zijn eolische sedimenten..

### Laagveen

Afzetting bestaande uit halfvergane plantenresten wat onder zee- of grondwaterspiegel ligt.

### Hoogveen

Afzetting van resten veenmos, wat onder water wordt gevormd maar boven de grondwaterspiegel ligt (regenwater).

### Komgronden

Zijn bezinkafzettingen van kleideeltjes door de rivieren.

## Holoceen

De zeespiegel steeg; in West-Nederland ontstaan moerassen. Hier werd basisveen gevormd. Voor de kust legde de zee zand neer. Op het basisveen ontstond zeeklei. Het gebied slibde langzaam dicht en gestorven plantenmateriaal wordt niet volledig afgebroken - er ontstond **laagveen**. Óók ontstonden er Jonge duinen door opgestoven zand. Deze Jonge duinen waren hoger dan de Oude duinen.

Hetzelfde gebeurde in Noord- en Zuidwest Nederland, alleen vormden de Oude duinen geen aaneengesloten rij, waardoor de zee het laagveen wegsloeg. Dus nieuwe Jonge duinen en opnieuw jonge zeeklei, maar geen veen.

In Hoog-Nederland ontstond **hoogveen**, door slecht doorlatende ondergrond (keileem en kleilaag).

Regen en smeltwater zakte niet weg en vormde een moeras = veen (veel veenmos).

Hoogveen wordt dus onder water gevormd, maar boven de grondwaterspiegel.

Het bestaat vrijwel uitsluitend uit de resten van veenmos (Sphagnum), dat dikke kussens vormt en regenwater vasthoudt, waardoor de waterspiegel van het hoogveengebied boven de lokale grondwaterstand kan uitstijgen. Dit voorkomt dat de kussens uitdrogen.

Er vormden zich dus steeds meer nieuwe lagen veen die op elkaar gestapeld lagen.

Hoogveen komt vooral in het noorden, oosten en zuiden van ons land voor. Vroeger was het ook in West- en Midden-Nederland te vinden, maar daar is het veen ontwaterd om te gebruiken als landbouwgrond, met het gevolg dat het veen wegrotte.

Tijdens overstromingen worden zand en klei afgezet en ontstaan er **oeverwallen**.

Oeverwallen vormen zich tussen geul en overstroomd gebied, omdat daar de stroomsnelheid plotseling afneemt en fijn zand, silt en klei er bezinken. Vergeleken met overstromingsafzettingen verder weg van de rivier, zijn oeverwalafzettingen grover van korrelgrootte.

Daardoor is de bovengrond op oeverwallen lichter bewerkbaar dan de zware kleigronden verder van de rivier af.

Daarnaast vormden zich komgronden.

Bij het ontstaan van komgronden speelt de rivier een doorslaggevende rol. Behalve water, voeren rivieren ook allerlei sedimentdeeltjes aan, zoals zand en klei. Voordat de rivieren ingeperkt waren door dijken, overspoelden ze bij hoogwater het omringende land. Op het land neemt de stroomsnelheid van het water af, het zwaardere zand zakt vlak langs de oevers naar de bodem en vormt de oeverwallen. De lichtere kleideeltjes worden door het water nog wat verder meegenomen. Ze bezinken pas voorbij de oeverwallen, waar het water tot rust komt. Door overstroming en bezinking in opeenvolgende jaren stapelen zich in de komgronden dikke pakketten klei op, tot meerdere meters dik.

Rivieren kozen erg vaak weer een andere weg, vandaar een ingewikkeld patroon van stroomruggen, oeverwallen en komgronden in rivierengebieden ontstonden.







### 3. Bodemindeling

In Nederland wordt de bodem ingedeeld in hoofd- en subgroepen.

De hoofdgroepen zijn:

- ✓ veengrond – veengebieden
- ✓ zandgronden + overige zand gebieden
- ✓ kleigronden
- ✓ Löss gebieden
- ✓ zavelgronden

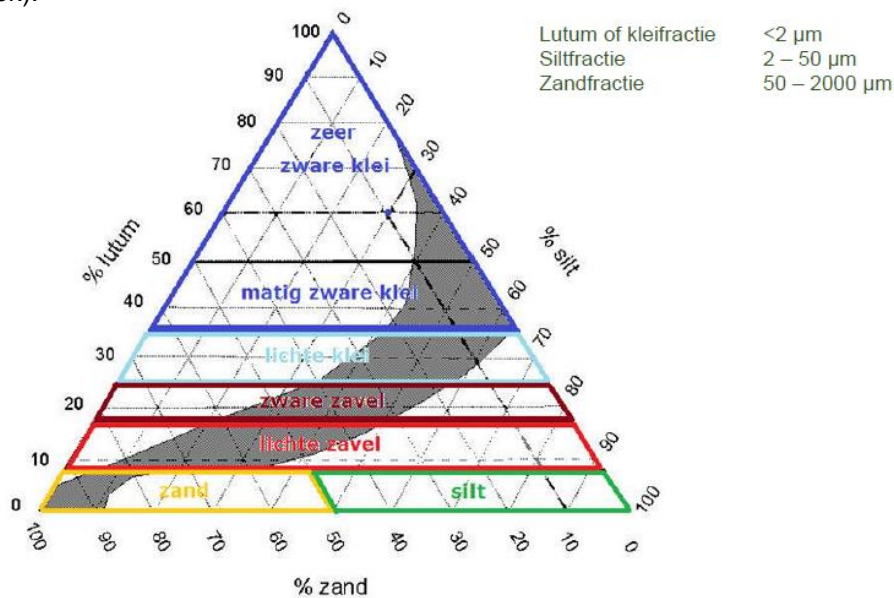
Subgroepen zijn:

- ✓ eerdgrond - zandgebieden en de kust
- ✓ vaaggrond - Zeeland, Flevoland, bovenste deel Friesland, Groningen

#### Hoofdgroepen zand- en kleigronden

Wat gaan nu wat meer in op de achtergrond van deze 2 hoofdgroepen. Belangrijk om te weten is dat zand- en kleigronden worden ingedeeld op basis van de gehalten aan klei-, silt- en zandfractie.

De textuurdriehoek geeft de verhoudingen weer die je op natuurlijke wijze terugvindt in de Nederlandse gronden (grijze strook).



Afbeelding Textuurdriehoek  
Bron: Jongmans, A.G., M.W. van den Berg, M.P.W. Sonneveld, G. Peek en R. van den Berg van Saparoea (2012). De landschappen van Nederland; geologie, bodem, landgebruik. Wageningen Academic Publishers.

De indeling van grondsoorten is vooral gebaseerd op het **lutum-(of klei-)gehalte** van de grond.

- ✓ Een zandgrond bevat 0 tot 8% lutum.
- ✓ Zavelgronden zijn de lichtere kleigronden met 8-12% lutum voor de lichte zavelgronden, 12-17,5% lutum voor de matig lichte zavelgronden en 17,5-25% lutum voor de zware zavelgronden.
- ✓ In kleigronden vinden we meer dan 25% lutum. Lichte kleigronden hebben 25-35% lutum. Matig en zware kleigronden meer dan 35% lutum.

Zandgronden kunnen verder worden ingedeeld naar hun **leemgehalte**. Leem is, in tegenstelling tot klei, door de wind afgezet (0-50 µm).

- ✓ Leemarm zand bevat 0-10% leem
- ✓ Iemige zandgrond 10-50% leem
- ✓ leemgrond meer dan 50% leem



**Eerdgrond**

Dat zijn alle moerige- en minerale gronden met een humusrijke bovengrond.  
De minerale eerdlaag is doorgaans het gevolg van een eeuwenlange geleidelijke ophoging met humushoudend materiaal door de mens.

**Vaaggrond**

Een bodemtype waarin nog geen bodemvormend proces heeft plaatsgevonden.  
In- en uitspoelingslaag ontbreken.

**Subgroepen eerdgrond en vaaggrond**

Eerdgrond is een bodemtype die gekenmerkt wordt door een dikke laag humus aan de oppervlakte. Deze bodem is meestal ontstaan door de mens opgebrachte mest welke inmiddels veraard is. De eerdlaag heeft een donkerbruine tot zwarte kleur en het oorspronkelijke plantaardig materiaal is niet meer te herkennen (dit maakt een eerdgrond anders dan een veengrond).  
In Nederland is dit bodemtype vooral te vinden in het oosten en zuiden.

Vaaggrond is een bodemtype waarin nog geen bodemvormend proces heeft plaatsgevonden. In deze bodem ontbreken een in- en uitspoelingslaag. In Nederland is dit bodemtype vooral te vinden in de kustgebieden en rondom de grote rivieren.





#### 4. Bodendoorsnede in horizonten

##### Horizonten

Is een laag of zone die door bodemvorming wordt gevormd en onderscheidt zich van andere lagen door kleur, textuur, structuur en abiotische factoren.

Kunnen worden onderverdeeld in subhorizonten.

##### Horizontcodering

Bodems worden verdeeld in bodemhorizonten, aangeduid met hoofdletters: van boven naar onderen meestal in de volgorde O, A, E, B, C en R. Subhorizonten worden aangeduid met kleine letters en cijfers. De kleine letter zegt iets over het karakter van de horizont, het cijfer is een verdere onderverdeling.

##### Horizonten

Een bodemhorizont is een laag of zone die gevormd wordt door bodemvorming en die zich onder meer onderscheidt van andere lagen door kleur, textuur, structuur en abiotische factoren. De horizonten vormen een belangrijk kenmerk voor de bodemclassificatie.

Een bodemprofiel kan naast verschillende horizonten ook bestaan uit door afzetting gevormde lagen (geogenese). Een laag heeft andere kenmerken dan de bovenliggende en/of onderliggende laag ten gevolge van haar andere geologische ontstaanswijze (b.v. klei op veen).

##### Horizontcodering

Bodems worden verdeeld in bodemhorizonten.

Deze bodemhorizonten worden aangeduid met hoofdletters: van boven naar onderen meestal in de volgorde O, A, E, B, C en R.

Horizonten verschillen van elkaar in diverse met het oog waarneembare kenmerken en veelal ook in hun chemische en fysische eigenschappen.

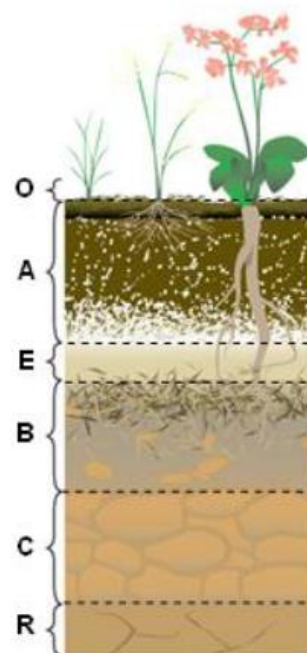
De horizonten worden onderverdeeld in subhorizonten, waarbij kleine letters en cijfers worden gebruikt.

- ✓ De kleine letter zegt iets over het karakter van de horizont
- ✓ het cijfer is een verdere onderverdeling

##### Hoofdhorizonten

Zij vormen de basis van de horizontcodering.

De letters O, A, E en B worden gebruikt om de duidelijkste gevolgen van sommige bodemvormende processen aan te duiden. De letters C en R worden gebruikt voor lagen waarin deze processen geen of nauwelijks gevolgen gehad hebben, het zogenaamde **moedermateriaal**.



Afbeelding bodemprofiel met horizontcodering



## Bodemhorizonten

Een overzicht van alle bodemhorizonten met kenmerken en een omschrijving.

### O-horizont

- ✓ Organische horizont
- ✓ Wordt ook strooisellaag genoemd
- ✓ Hoort eigenlijk NIET bij het bodemprofiel

Deze moerige horizont, ligt boven een A- of een E-horizont en bestaat uit in aeroob milieu opgehoopte resten van voornamelijk bovengrondse plantendelen in verschillende stadia van omzetting. Bovenop ligt het verse strooisel van het afgelopen jaar. Op de overgang naar de A- of de E-horizont komt het oudste strooisel voor dat meestal al vrij ver is omgezet.

In profielbeschrijvingen is de onderkant van de O-horizont het referentieniveau voor de diepteaanduiding, vanaf hier worden de andere horizonten ingemeten.

### A-horizont

- ✓ Minerale of moerige horizont

Horizont waarin de organische stof geheel of vrijwel geheel is omgezet. Bijna alle Nederlandse bodems hebben een A-horizont door de organische stof die van vegetatie en bodemleven afkomstig is. In 'natuurlijke' situaties ligt een A-horizont direct onder de O-horizont.

In cultuurgronden is het de bovenste horizont.

Het materiaal kan van origine al organische stof bevatten of na de afzetting ermee zijn verrijkt.

Organische stof: zoals bij veen en meermolm. de bovenste laag in droogmakerijen. In nog niet of pas ingepolderde kleigronden komt organische stof voor die gelijk met de minerale delen is gesedimenteerd.

Verrijking met organische stof ná de afzetting en dan nog vrijwel uitsluitend in de bovengrond komt heel vaak voor. Zij is dan afkomstig van plantenresten en organische mest. Ophoping en omzetting van organische stof worden in cultuurgronden sterk beïnvloedt door de mens (bemesting, drainage), maar de omzetting zelf gebeurt door kleine organismen.

### E-horizont

- ✓ Minerale horizont
- ✓ Door verticale (soms laterale) uitspoeling is verarmd aan kleimineralen en/of sesquioxiden (Al en Fe)
- ✓ Meestal lager humusgehalte dan bovenliggende horizont daardoor lichter van kleur.

Het proces van verarming heeft in de E-horizont het overblijven van moeilijk verweerbare mineralen tot gevolg gehad. Een E-horizont is niet verarmd aan humus, hij is bij podzolgronden de horizont waar doorheen disperse (fijn verdeeld/verstrooid) humus is gefiltreerd en waardoor o.a. verarming aan ijzer is opgetreden. In de praktijk wordt zand uit een E-horizont van podzolgronden wel loodzand of schierzand genoemd.

Doordat alle voedingsstoffen uit de horizont zijn gespoeld, ziet het zand er glazig en witgrijs uit. In brikgronden is de horizont te herkennen aan het gebrek aan structuur, terwijl de onderliggende horizont wel structuur (vaak prisma's) heeft.

### B-horizont

- ✓ Minerale, soms moerige horizont (uitgezonderd vast gesteente)

Waar in 1 of meer van de volgende kenmerken voorkomen:

- 1) Inspoelingshorizont door uitspoeling van kleimineralen (lutum), sesquioxiden (Fe, Al) of humus uit hogere liggende horizonten, al dan niet in combinatie;
- 2) (bijna) volledige homogenisatie



### C-horizont

- ✓ Minerale laag (uitgezonderd vast gesteente)
- ✓ Weinig of niet is veranderd door bodemvormende processen die een O-, A-, E- en B-horizont zouden kunnen doen ontstaan.

Processen waarvan de gevolgen wel zijn toegelaten zijn: rijping, reductie, wisselende reductie en oxidatie, ontkalking, structuurvorming en verrijking van onderen, zoals ijzeroer en kalk. Dit wordt ook wel het moedermateriaal.

### R-horizont

- ✓ Laag van hard gesteente.

Hiervoor is de R van rots gebruikt. Vast gesteente komt in Nederland zeer zelden binnen 120 cm voor. Het komt eigenlijk alleen in Zuid-Limburg voor, bijvoorbeeld bij het krijt van de Formatie van Gulpen onder de krijteerdgrond.

### Overgangshorizonten

- ✓ Vertoont kenmerken van 2 hoofdhorizonten
- ✓ Wordt gecodeerd door 2 hoofdletters in de volgorde waarin ze in het profiel voorkomen, dus AB, AE, AC, BC etc.

Dit kan voorkomen als een geleidelijke overgang tussen twee hoofdhorizonten, maar ook kan een hoofdhorizont ontbreken. Heel vaak komt het voor dat de bodem geen uitgesproken E-horizont heeft, maar dat wel een AE- en een EB-horizont onderscheiden kunnen worden.



### Handig naslagwerk voor meer verdieping

- ✓ Bodem-app te downloaden: alle informatie over bodem en landschap bij de hand.
- ✓ Kuipers, S.F. (1984). Bodemkunde. 15e druk. Educaboek, Culemborg. ISBN 901100388 8/ 305 p.
- ✓ Locher, W.P. en H. de Bakker (1990). Bodemkunde van Nederland. Deel 1: algemene bodemkunde. Malmberg Den Bosch. 439 p.

## Opdracht 1 Profielkuil



1 of meer



tool



opdracht

In groepen

schep, fototoestel  
iets om op te schrijven,  
en kleine potjes.

Graaf met elkaar een profielkuil van 1 meter bij 1 meter.  
Maak aan één kant van de kuil een trede en een gladde kant.

Omschrijf wat je waarneemt aan de hand van de volgende onderwerpen:

- ✓ horizonten
- ✓ groot bodemleven
- ✓ grondsoort
- ✓ andere zaken die jullie opvallen



## Opdracht 2 Bodemhoofdgroepen



1 of meer



opdracht

individueel

Werk het volgende op een overzichtelijke manier uit:

- ✓ Benoem de bodemhoofdgroepen die er zijn.
- ✓ Geef per hoofdgroep aan welke specifieke eigenschappen die bodem dan heeft.

## Opdracht 3 Herbarium bodemsoorten



1 of meer



tool



opdracht

Individueel

kleine potjes

Welke bodemsoorten zijn er?  
Verzamel alle bodemsoorten die je bent tegengekomen als een soort herbarium in kleine potjes.

Onderling ruilen is toegestaan.

## Opdracht 4 Grondsoort



1 of meer



opdracht

individueel

Werk op een overzichtelijke manier uit wat de positieve- en negatieve eigenschappen zijn per grondsoort.

Dit mag op een beeldende manier of gewoon beschreven zijn.





## 5. Verschillende grondsoorten

### **Anorganische bodembestanddelen**

Is dood materiaal, vanuit de ontstaansgeschiedenis (zand en klei).

### **Organische bodembestanddelen**

Natuurlijk materiaal, wat er later bijgekomen is (bladeren en insecten).

Als we het hebben over de bodem, dan hebben we al gezien dat bij het ontstaan van de bodem(grond) er een aantal verschillende grondsoorten is. Hier gaan we nu dieper op in.

Als we spreken over verschillende grondsoorten, dan hebben we het over anorganische- en organische bodembestanddelen. Belangrijk om hiervan het verschil te weten.

- ✓ Anorganisch      Wat vanuit de ontstaansgeschiedenis is (dood materiaal), voorbeeld zand of klei
- ✓ Organisch      Wat later erbij gekomen is aan natuurlijk materiaal, voorbeeld bladeren, insecten

De grondsoorten die er zijn, genoemd van grof naar fijn:




- ✓ grind
- ✓ zand
- ✓ zavel (zand + klei)
- ✓ lutum
- ✓ leem
- ✓ klei (slib)
- ✓ Löss
- ✓ veen (eigenlijk geen grondsoort)

Belangrijk is om goed het onderscheid tussen de verschillende grondsoorten te weten. Hierbij een overzicht waarbij vermeld wordt:

- waar de grondsoort uit bestaat
- welke kenmerken het heeft
- waar het voorkomt
- voor welke toepassing het gebruikt kan worden.





grondsoort	kenmerken	plaats en toepassing
<b>Grind</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Is een erosieproduct.</li> <li>✓ Korrelgrootte van meer dan 2 mm. Bij een kleinere korrelgrootte spreekt men van zand.</li> <li>✓ Ontstaan uit gesteente.</li> <li>✓ Wordt meegevoerd door rivieren.</li> </ul>	<p>Grind kan ook gewonnen worden uit grondlagen in de nabijheid van rivieren, zoals bij de Maas in Limburg.</p> <p>Grind werd vroeger voornamelijk gebruikt bij de aanleg van tuinpaden, maar wordt tegenwoordig minder gebruikt; grind verdwijnt namelijk op den duur in de ondergrond en moet dus regelmatig aangevuld worden.</p>
<b>Zand</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Is ongeconsolideerd (los), korrelig materiaal.</li> <li>✓ Bestaat uit zeer kleine stukjes steen, zandkorrels, die in grootte variëren tussen 0,06 en 2 mm. Als de korrels nog kleiner zijn, heet de grondsoort klei; bij grotere steentjes spreekt men van grind.</li> <li>✓ Zandgronden zijn onvruchtbaar.</li> <li>✓ Eén van de meest voorkomende natuurlijke stoffen op aarde.</li> <li>✓ Het zand wat in Nederland voorkomt, is meestal komen aanwaaien.</li> </ul>	<p>Kan soms andere stoffen, zoals stukjes schelp of vulkanische steen bevatten.</p> <p>Doordat water gemakkelijk door de grote poriën zakt, zijn de hoge zandgronden droog. Boven op de zandheuvelds van de Veluwe en op de toppen van de duinen verdrogen planten snel.</p> <p>Aan de grove korrels zit voor een plant weinig voedsel. Voor landbouw moet er dan ook mest toegevoegd worden.</p> <p>Gedurende de laatste IJstijd kwam de grens van het Scandinavische landijs tot in Denemarken en Noord-Duitsland te liggen. De Noordzee kwam droog te staan en 'Nederland' vormde één groot toendragebied. In die tijd werden de zandlagen hier neergelegd. Met de noordwesterstormen werd het Noordzeezand hierheen geblazen. Op veel plaatsen in Drenthe, op de Veluwe en in Brabant kun je dit zand aan het oppervlak zien liggen.</p>
<b>Zavel</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zavel is een (minerale) grondsoort.</li> <li>✓ Men spreekt van zavel als grond een bepaald % deeltjes lutum bevat. De rest is zand.</li> </ul>	<p>Zavel werd veel gebruikt voor de teelt van bloembollen.</p> <p>Komt veel voor in rivierengebieden en langs de kust, daar waar zand en klei gemengd zijn in afzetting.</p>
<b>Lutum</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zijn kleideeltjes &lt; 0,002 mm.</li> <li>✓ Deeltjes bestaan uit platte plaatjes die op elkaar zitten.</li> <li>✓ Deeltjes hebben een negatieve ionenlading.</li> <li>✓ Kleigrond meestal vruchtbaarder dan zandgrond.</li> </ul>	<p>Door de negatieve ionenlading van de kleifraction is de bodem in staat om (positieve) ionen van mineralen die opgelost zijn in het bodemwater te binden aan de kleifraction. Hierdoor spoelen de mineralen niet met het grondwater mee, maar blijven ze gebonden aan de kleideeltjes en kunnen ze op deze manier opgenomen worden door de planten.</p>
<b>Leem</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bestaat uit fijnkorrelig materiaal van verschillende soorten gesteenten.</li> <li>✓ Is een samenstelling van klei, silt en zand.</li> <li>✓ Leem kent vele verschillende gradaties in structuur en opbouw.</li> </ul>	<p>Met pure leem wordt ofwel löss of silt bedoeld.</p> <p>Zogenoemde vette leem bevat veel klei, terwijl arme of schrale leem tot wel 60% zand of silt bevat.</p>





grondsoort	kenmerken	plaats en toepassing
<b>Klei (slib)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bestaat uit kleine, plaatachtige deeltjes.</li> <li>✓ Kleideeltjes &lt; 0,002 mm.</li> <li>✓ Bestaat uit klei-mineralen, waarvan vele soorten bestaan.</li> <li>✓ Kleigronden itt zand, slecht waterdoorlatend.</li> <li>✓ Minder last van uitspoeling dan zandgronden. Hierdoor houden ze beter voedingsstoffen voor planten vast.</li> <li>✓ Zijn over het algemeen voedselrijk.</li> <li>✓ Poriën zijn heel klein en water zakt moeilijk weg.</li> </ul>	<p>Kleigronden slecht waterdoorlatend houdt in dat in droge tijden ze veel langer water vasthouden, maar in natte tijden verdrinken gewassen eerder.</p> <p>Pogingen om in het kader van natuurbeheer kleigronden te verschrallen zijn nutteloos of moeten zeer lange tijd worden volgehouden.</p> <p>De poriën zijn klein, zodat water er moeilijk in wegzakt. Dat maakt dan ook dat pure klei niet geschikt is om planten op te laten groeien. In de natuur is klei altijd gemengd met zand. De kleigrond op de akkers bestaat altijd voor meer dan de helft uit zand.</p> <p>Klei komt in Nederland voornamelijk voor in de kuststreken (zeeklei) en langs de rivieren.</p> <p>Zeeklei ligt in een brede strook in de kustgebieden van Groningen en Friesland, in de kop van Noord-Holland, op de Zuid-Hollandse- en Zeeuwse eilanden. Ook in de IJsselmeerpolders ligt veel zeeklei.</p>
<b>Löss (of Limburgse klei)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Het heeft een typerende roodachtige kleur.</li> <li>✓ De korrelgrootte ligt tussen die van zand en klei in.</li> <li>✓ Is een door de wind aangevoerde afzetting die dateert uit het laatste gedeelte van de laatste IJstijd (Weichsel-IJstijd). Destijds stond de Noordzee droog en dit vormt het brongebied van de Löss.</li> <li>✓ Is zeer geschikt voor landbouw.</li> <li>✓ Heeft doorgaans een hoog gehalte aan kalk, die in koolzuurrijke regen deels oplost en vervolgens naar beneden toe weer neerslaat. Daardoor worden de Löss-deeltjes in verticale richting aan elkaar gekit.</li> </ul>	<p>De eerste landbouw in Nederland vond plaats op de Löss in Zuid-Limburg.</p> <p>Komt voor in Nederlands Limburg, Belgisch-Limburg en ten zuidoosten van Nijmegen.</p>
<b>Veen</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Is een natte, zuurstofarme en sponsachtige grondsoort</li> <li>✓ Is opgebouwd uit dood plantaardig materiaal.</li> <li>✓ In gedroogde vorm staat het bekend als turf.</li> <li>✓ Veengrond is een bodemtype waarbij de grond uit veen en ander plantaardig materiaal bestaat.</li> <li>✓ Bestaat uit 2 hoofdsoorten veen: hoogveen en laagveen.</li> </ul>	<p>Veen komt in Nederland ook op grotere diepten voor, als zand-op-veen en klei-op-veen, bijvoorbeeld in Groningen en Drenthe, in de formatie van Singraven en de formatie van Griendtsveen.</p>



Nog een aantal noemenswaardige zaken om te vermelden over het bovengenoemde grondsoortenoverzicht.

### Klei/zand

Vaak is er verwarring over wanneer er nu gesproken wordt over de grondsoort klei of grondsoort zand. Om dit verschil duidelijk te maken, is de doorsnede van de korrel belangrijk. Hierbij de gegevens van de grondsoort klei of zand:

Naam materiaal	Doorsnede korreltjes
klei veldspaat	0,001 mm - 0,01 mm
leem	0,01 mm - 0,1 mm
zand kwarts	0,1 mm - 2 mm

### Lutum/zavel

Lutum en zavel zijn aparte grondsoorten. Maar afhankelijk van het lutumpercentage spreekt men van zeer lichte, matig lichte of zware zavel.

Naam materiaal	Lutumpercentage
Zeer lichte zavel	Tussen 8 en 12 %
Matig lichte zavel	Tussen 12 en 17,5 %
Zware zavel	Tussen 17,5 en 25 %

### Leem

Dit is een samenstelling van silt, zand en klei.

Silt en zand bestaan uit kwarts. Klei bestaat uit kleimineralen als illiet en kaolinit.

Er zijn verschillende manieren waarop leem kan ontstaan: afgezet door de wind (aeolisch, men noemt het dan Löss), door gletsjers afgezet (men noemt het dan keileem) of door rivieren (fluviaal).

Klei werd ooit afgezet door overstromingen. Dit kon gebeuren door de zee (zeeklei), en rivieren (rivierklei). Soms zijn rivieren bruin van het meegevoerde silt (synoniem voor klei). In de uiterwaarden van sommige grote rivieren staan nog steenfabrieken die de afgezette klei als grondstof benutten. Ook buiten de dijken van de rivieren liggen vaak dikke kleilagen. Kleigronden die ontwaterd worden, komen lager te liggen, doordat het water dat zorgde voor meer ruimte tussen de kleideeltjes verdwenen is en de kleideeltjes dichter op elkaar komen te zitten. Dit verschijnsel wordt bodemdaling of inklinking genoemd.

### Veen

Veen bestaat uit 2 hoofdsoorten: hoogveen en laagveen.

Hoogveen is altijd oligotroof.

Laagveen is afhankelijk van de grondwaterkwaliteit eutroof-oligotroof.

### Hoogveen

Hoogveen heeft als belangrijkste kenmerk dat het ontstaan is onder invloed van regenwater. Hoogveen is afgezet in het Holoceen, grotendeels als de formatie van Griendtsveen. Het komt in onontgonnen vorm in Nederland niet zo veel meer voor, alleen nog rond Schoonebeek in Drenthe en in de Groote Peel in Noord-Brabant. Omdat een zeer groot deel in de 19e eeuw is afgegraven voor brandstofvoorziening. De ontstane grond noemen we **dalgrond**.

In België bevindt zich op de Hoge Venen (Hautes Fagnes) nog een grote hoeveelheid hoogveen.

Een belangrijke hoogveenvormer is veenmos, dat grote hoeveelheden water in zich op kan nemen en in opgezwollen toestand voor meer dan 90% uit water kan bestaan.

Bovendien kan het goed in zure omstandigheden groeien die ontstaan, doordat regenwater uit zichzelf al lichtelijk zuur en niet gebufferd is.

Veen dat voornamelijk door veenmos gevormd is wordt ook veenmosveen genoemd.



### Laagveen

Heeft als belangrijkste kenmerk dat het veen onder invloed van het grondwater ontstaan is. Laagveenafzetting wordt ook wel Hollandveen genoemd. Laagveen is afgezet in het Holoceen, tijdens de Westlandformatie. Dit geldt echter niet voor alle laagveen. Veel veen dat thans als laagveen wordt beschouwd, was oorspronkelijk hoogveen, dat door inklinking en oxidatie onder de waterspiegel is geraakt.

### Klei-op-veen

In grote delen van Holland en andere gebieden in Nederland is er in het Holoceen, tijdens de Westlandformatie, een dunne laag (minder dan een meter) jonge klei op hoofdzakelijk laagveen afgezet. Op de afbeelding zeeklei op veen.



Afbeelding van zeeklei op veen.

### Zwelklei

Een nieuw fenomeen wat betreft grondsoorten is de recent ontdekte zwelklei, wat voor komt in delen van Groningen, Friesland en in West-Friesland. Er zijn verschillende soorten zwelkleien, allen met een specifiek gedrag. Ze worden resp. krimpklei, knikklei, knipklei of pikklei genoemd. Het is een kleisoort dat veel water kan opnemen en daarbij uitzet, terwijl het bij droogte weer krimpt. Bij het krimpen verliest de klei niet alleen het poriewater maar ook vocht uit de kristalstructuur. Dit krimpen en uitzetten kan enorme gevolgen hebben voor woningen die op de zwelklei zijn gebouwd, zoals verzakkingen, scheuren en instortingsgevaar.

Een eigenschap die wijst op zwelklei is een hoge plasticiteit. Hierbij ontbreekt een duidelijke structuur, de klei is bijna kalkloos en heeft een zeer hoog lutum-gehalte (hoog percentage kleideeltjes). Ontwateringanalyses tonen de aanwezigheid aan van montmorilloniet (Bentoniet), het zwelkleimineraal bij uitstek met sterke zwelpotentie. De zwelklei toont grote verschillen met klei onder en boven de laag.

In Groningen, in het gebied waar aardgas gewonnen wordt, komen meer aardbevingen voor dan ergens anders in het land. Ook lijkt het dat de aardbevingen in dat gebied een grotere impact hebben dan ergens anders in het land. De oorzaak hiervoor hoeft nu niet meer alleen bij het inzakken van de bodem te liggen door gaswinning. Mogelijk ligt de (mede)oorzaak bij de zwelklei die daar is ontdekt. Door het inzakken van de bodem, als gevolg van de gaswinning, en de spanningen die ontstaan bij het zwellen en krimpen van de zwelklei kan een aardbeving in het betreffende gebied meer schade aanrichten. In het blad Natuurwetenschap en Techniek (april 2004) wordt in een artikel over dit onderwerp gemeld dat zwelklei de gevolgen van gaswinning versterkt.

## Opdracht 5 Veen



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 5:  
verschillende  
grondsoorten

Beantwoord de volgende vragen over veen en veengebieden:

- ✓ Welke soorten veen zijn er?
- ✓ Hoe zijn deze soorten veen ontstaan?
- ✓ Waar vind je in Nederland de veengebieden?
- ✓ Waarom werd het veen vroeger afgegraven?
- ✓ Heeft veen vandaag de dag nog een functie?





## 6. Bodemvruchtbaarheid

Bodemvruchtbaarheid is het vermogen van de bodem om een plant van voedingsstoffen te voorzien. De bodemvruchtbaarheid wordt bepaald door de volgende eigenschappen:

- ✓ Chemisch
- ✓ Fysisch
- ✓ Biologisch

Fysische- en biologische vruchtbaarheid hebben te maken met de verhouding: lucht, water en grondstofdeeltjes. Chemische vruchtbaarheid heeft te maken met de hoeveelheid voedingsstoffen in de bodem.

Een korte uitwerking van elk van deze eigenschappen.

### Chemische eigenschap

De chemische bodemvruchtbaarheid wordt bepaald door de aanwezige minerale voedingsstoffen. Deze kan met behulp van kunstmest op het voor een bepaalde plant gewenste niveau gebracht worden. Ook vlinderbloemigen kunnen nitraat aan de bodem toevoegen. Organische mest, zoals stalmest, kan ook de benodigde mineralen leveren, maar het beschikbaar komen voor de plant is veel minder voorspelbaar dan bij kunstmest.

De zuurgraad (pH) van de bodem is belangrijk, omdat voor elke plantensoort een optimum geldt. De zuurgraad wordt beïnvloed door het kalkgehalte van de grond. Zandgronden zijn in het algemeen zuurder (pH van 4,5 tot 5,6) dan kleigronden (pH hoger dan 6,7).

- ✓ pH verhogen kan door bekalking.
- ✓ pH verlagen kan door bemesting met o.a. zwavelzure ammoniak.

### Fysische eigenschap

De plantenwortels moeten in de bodem kunnen dringen. Een verdichte bodem maakt dit moeilijk of zelfs onmogelijk. Ook moet de bodem voldoende vocht kunnen vasthouden; niet te veel en niet te weinig. Het gehalte aan organische stof, ook wel humus genoemd, beïnvloedt in belangrijke mate deze eigenschappen. De grondwaterstand speelt hierbij ook een rol. Voor een goede vochthuishouding worden de gronden vaak gedraineerd.

In de bodem moet voldoende zuurstof zitten voor wortelgroei en voor de opname van water en mineralen door de wortels, terwijl de door de plantenwortels geproduceerde kooldioxide tevens kan worden afgevoerd. Een goede luchthuishouding is dus van essentieel belang.

De gronddeeltjes moeten voor een goede plantengroei bepaalde afmetingen hebben. Daarom is het noodzakelijk dat kleigrond voor de winter geploegd of gespit wordt, zodat de grond goed doorgevroren kan worden en grote kluiten kapotvriezen.

De korrelgrootte en -samenstelling is bij zandgrond belangrijk. Bij te grote korrels houdt de zandgrond geen water vast en bij te kleine korrels is de zandgrond te vast en is er te weinig zuurstof aanwezig.

### Biologische eigenschap

Een gezond bodemleven is belangrijk voor de mineralisatie en brengt lucht in de bodem.

Regenwormen hebben hier een belangrijke bijdrage aan. Naast deze grotere organismen komen zeer veel micro-organismen in de grond voor, zoals: bacteriën, straalzwammen, schimmels, gisten, wieren en protozoën. Zij breken de organische stof in de grond af, waardoor de mineralen voor de plant beschikbaar komen.





## 7. Bodemverbetering

De eigenschappen van de bodem worden bepaald door:

- ✓ de grondsoort
- ✓ de vochtconditie
- ✓ de zuurgraad
- ✓ de voedselrijkdom
- ✓ het humusgehalte

Elk van deze factoren kunnen hun invloed hebben op de planten die er groeien. Een goede bodemstructuur is de voornaamste factor voor een goede groei van planten en gazon. In de meeste gevallen wordt er niet veel gedaan aan optimalisering hiervan. Toch zou wat meer aandacht voor de bodemopbouw veel ergernis kunnen voorkomen. Vaak ontstaan de problemen door bemesting met kunstmest, vastlopen (rijden) en onvoldoende organische stof.

De optimale samenstelling van de grond heeft te maken met een combinatie van verschillende factoren:

### Lucht

Zorgt voor de zuurstofvoorziening van plant en micro-organismen.

### Water

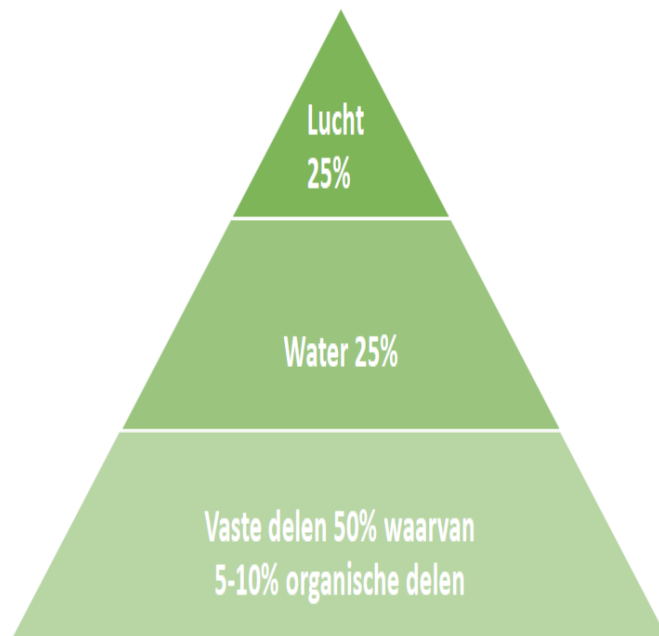
Belangrijk voor de vochtvoorziening van de plant en voor het in oplossing brengen van nutriënten.

### Vaste delen

Ook mineralen genoemd. Het zijn de verweringsproducten. Ontstaan uit de gesteenten van de aardkorst.

### Organische delen

Restanten van planten en dieren in de bodem. Ze vormen de samenhang in de bodem en zijn dus zeer belangrijk!



Op het moment dat de bodem niet echt voldoende vruchtbaar is of zelfs onvruchtbaar blijkt, wat zijn dan de mogelijkheden om de bodem te verbeteren?



## Opdracht 6 Bodemvruchtbaarheid



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 6:  
bodemvruchtbaarheid

- Beantwoord de vraag:
- ✓ Wat beïnvloedt de bodemvruchtbaarheid?
  - ✓ Verduidelijk dit met 2 voorbeelden.

## Opdracht 7 Bodemverbetering



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 7:  
bodemverbetering

- Beantwoord de vraag:
- ✓ Wat is de optimale samenstelling van grond?
  - ✓ Geef een toelichting waarom dit de optimale samenstelling is.

## Opdracht 8 Grondtypen: zand, veen en klei



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 5 - 7

- Beantwoord de volgende vragen:
- ✓ Welke eigenschappen hebben de volgende grondtypen: zand, veen en klei
  - ✓ Grondtype **zand**
    - Geef aan wat de negatieve eigenschappen zijn
    - Hoe kun je deze eigenschappen optimaliseren?
  - ✓ Grondtype **veen**
    - Geef aan wat de negatieve eigenschappen zijn
    - Hoe kun je deze eigenschappen optimaliseren?
  - ✓ Grondtype **klei**
    - Geef aan wat de negatieve eigenschappen zijn
    - Hoe kun je deze eigenschappen optimaliseren?



## Opdracht 9 Zoek de verschillen



1 of meer



opdracht

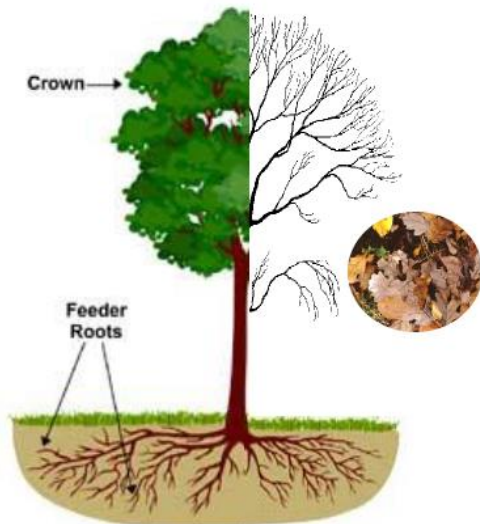
individueel

Onderzoek op je eigen manier het verschil tussen de grondsoort leem en klei. Verwerk dit in een kort overzichtje.

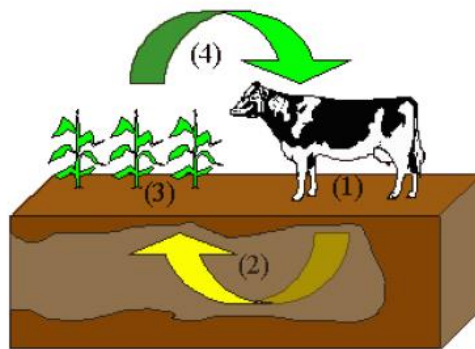
Geef hierbij ook aan hoe je de negatieve eigenschappen van leem en klei kunt inzetten om de grondsamenstelling te optimaliseren.



## 8. Organische kringloop



Afbeelding kringloop organische stof



Afbeelding kringloop van mineralen

### Werking kringloop

Organisch en dierlijk afval voegen stikstof aan de bodem toe.

Bacteriën in de bodem zetten de stikstof om in bruikbare vorm voor planten: nitraatstikstof (van  $\text{NH}_4$  = ammoniumstikstof naar  $\text{NO}_2$  = nitrietstikstof en vervolgens naar  $\text{NO}_3$  = nitraatstikstof).

Planten gebruiken deze nitraatstikstof voor groei en bloei.

Planten worden door dieren en mensen gegeten. Het organische afval komt weer terug in de bodem, tenzij wij het verwijderen. Dan wordt de cyclus doorbroken en ontstaan er tekorten. We lossen dit op door pH te corrigeren (indien nodig), voeding te geven en organisch materiaal toe te voegen.





### Organische stof en humus

Organische stof in de bodem is grotendeels afkomstig van planten en voor een klein deel van dierlijke organismen. Wordt geleverd door plantenwortels, graanstoppels, stalmest en andere dierlijke meststoffen, compost, groenbemesting en achterblijvende gewasresten. Aan een klein deel van de organische stof is nog te zien waarvan deze afkomstig is. Dit is de zogenaamde jonge organische stof. 80% van de organische stof is echter een donkere, vormloze massa. Dit deel wordt humus genoemd. Vandaar de naam humeuze zandgrond.

### Buffer

Organische stof kan veel water opnemen en werkt door het adsorptievermogen als mineralenbuffer, waardoor meststoffen minder makkelijk uitspoelen. In droge perioden kan de plant makkelijk het vocht uit de organische stof opnemen. Hierdoor zijn zandgronden met een hoog organische stofgehalte minder droogtegevoelig dan humusarme zandgronden. Ook komen de voedingsstoffen uit de organische stof langzaam vrij.

Organische stof is belangrijk voor het bodemleven, omdat veel micro-organismen, maar ook regenwormen van de organische stof leven. Deze zorgen voor afbraak van de organische stof en een goede structuur van de grond.

### Organische stofgehalte

Zandgrond voor teeltdoeleinden bevat meestal 3 tot 6% organische stof, behalve de bollengronden die voor een goede bollenteelt niet meer dan 1,5 tot 2 % organische stof mogen bevatten.

Zandgrond wordt ingedeeld naar het percentage organische stof in:

Percentage organische stof	Naam materiaal
0 tot 1 %	humusarm
1 tot 3 %	zwak humeus
3 tot 5 %	matig humeus
5 tot 8 %	humeus
8 tot 12 %	sterk humeus
12 tot 16 %	zeer sterk humeus
16 tot 25 %	venig
> 25%	veen
1 tot 6 %	kleigrond
20 tot 30 %	potgrond

### Organische stof en de invloed op de bodem

Organische stof is van groot belang voor de bodemstructuur, de lucht- en waterhuishouding en de bewerkbaarheid van de grond. De invloed van de organische stof op de bodem is afhankelijk van de grondsoort.

- ✓ Bij kleigrond zorgt de organische stof voor een betere lucht- en waterhuishouding en bewerkbaarheid.
- ✓ Bij zavel zorgt de organische stof voor een betere lucht- en waterhuishouding en een mindere slempgevoeligheid.
- ✓ Bij zand zorgt de organische stof voor meer beschikbaar vocht, een mindere droogtegevoeligheid en het vermogen voedingsstoffen beter vast te houden.
- ✓ Bij dalgrond zorgt de organische stof voor een betere binding van de gronddeeltjes, een mindere stuifgevoeligheid en voor een betere beschikbaarheid van vocht.





### Afbraak en aanvoer

Organische stof wordt afgebroken door micro-organismen, waarbij kleverige humusproducten ontstaan, zoals humuszuren en huminen. Deze producten kleven de bodemdeeltjes aan elkaar tot grotere kruimels, waardoor er een luchtige poreuze structuur ontstaat.

Om de vruchtbaarheid van de grond op peil te houden, wordt de jaarlijkse afbraak gecompenseerd met de aanvoer van organische stof. De jaarlijkse afbraak hangt af van de:

- ✓ grondsoort
- ✓ bemestingshistorie
- ✓ ploegdiepte
- ✓ organische stofgehalte

Bij de aanvoer van organische stof moet rekening gehouden worden met het rendement voor de organische stofopbouw, aangeduid met de term 'effectieve organische stof'. De effectieve organische stof is de hoeveelheid organische stof die na 1 jaar nog in de grond aanwezig is.

V  
O  
O  
R  
B  
E  
E  
L  
D

#### Rekenvoorbeeld van hoeveelheid afbraak en aanvoer organische stof nodig is om op peil te houden.

Een zandgrond met een ploegdiepte van 25 cm en een organisch stofgehalte van 3% heeft een afbraakpercentage van 4%. Dit komt neer op een jaarlijkse afbraak van 4100 kg/ha. Voor het op peil houden van het percentage organische stof moet deze hoeveelheid jaarlijks aangevoerd worden.

Voor duurzame grondverbetering is jaarlijks meer aanvoer van effectieve organische stof nodig dan er wordt afgebroken.

Voor een verhoging van het organische stofgehalte met bijvoorbeeld 0,1% van een zandgrond met 3% organische stof, die op 20 cm diep wordt geploegd, is 2700 kg effectieve organische stof extra nodig per hectare. Bij een ploegdiepte van 25 cm is dit 3300 kg en bij 30 cm 4100 kg.

### koolstofgehalte

Voldoende koolstof in de bodem is zeer belangrijk.

Organische stof, waar de koolstof zo'n 57% deel van uitmaakt, draagt bij aan

- ✓ een goede bodemstructuur
- ✓ is een bron van voedingsstoffen voor planten
- ✓ is voedsel voor het bodemleven

De manier van bewerking heeft invloed op de afbraaksnelheid van koolstof in de bodem.

Intensief ploegen kan soms de afbraaksnelheid verhogen, doordat er zuurstof in de grond wordt gebracht. Door te kiezen voor mestsoorten met een hoog gehalte aan effectieve organische stof, zoals dierlijke (vaste) mest en compost kan de aanvoer van koolstof vergroten.

Via groenbedekkers en gewassen met veel wortels, zoals granen of door het achterlaten van oogstresten zoals stro kan ook extra koolstof aangevoerd worden.



### Bodemverdichting en -verslumping

Verdichte lagen zorgen voor een slechte doorwortelbaarheid van gewassen en remmen transport van voedingsstoffen, water en zuurstof. Daardoor worden gewassen gevoeliger voor droogte, ziekten en plagen.

Bodemverdichting heeft twee belangrijke oorzaken:

- 1) Er is de mechanische verdichting door het berijden van het land onder natte omstandigheden en/of met te hoge bandenspanning.
- 2) Interne verslumping, een fysisch-chemisch proces waarbij een te laag organisch stofgehalte leidt tot het verkitten van kleideeltjes, waardoor bodems "hard als beton" kunnen worden.

Bodemverdichting is goed te vermijden, maar veel moeilijker op te heffen. Mechanische bodemverdichting kan worden vermeden door:

- ✓ door niet te intensief te ploegen
- ✓ gebruik van brede banden met een lage spanning
- ✓ zoveel mogelijk land te bewerken en berijden onder droge omstandigheden

Interne verslumping wordt vaak veroorzaakt door een laag koolstofgehalte. Aanvoer van extra organische stof is dus ook goed tegen interne verslumping.

Opheffen van verdichting vereist een actief bodemleven dat harde lagen kan doorbreken en bodemdeeltjes kan mengen. Sommige regenwormen, zoals diepgravers, graven verticale gangen en kunnen daardoor verdichte lagen doorbreken. Ploegen heeft een negatieve invloed op regenwormen. Om het bodemleven te stimuleren moet het gevoed worden door organische mest, zoals dierlijke mest en compost. Om mechanische bodemverdichting op te heffen is het ook raadzaam om rooivruchten af te wisselen met diepe en intensief wortelende gewassen, zoals granen en groenbedekkers.

Bij niet-kerende groundbewerking, is het verstandig een diep wortelend gewas in te zaaien na het lostrekken van de verdichte laag zodat de losgetrokken bodem direct doorworteld wordt.

Die doorworteling voorkomt het terugvallen van de bodem en bovendien volgt het bodemleven de beworteling. De activiteit van het bodemleven kan zo ook in diepere lagen bijdragen aan het opheffen van bodemverdichting.

### Bodemkwaliteit waarnemen en meten

Het meten van de bodemkwaliteit is zeker niet eenvoudig. Graaf eens een kuil om te zien hoe de structuur van uw grond is en hoe de wortels van de gewassen groeien in de verschillende lagen van de grond. Met een penetrometer of penetrograaf kun je de verdichting ook meten. Dit kan ook met een zuurstofmeter gebeuren.

### Bodemverbetering toepassen

Het toepassen van bodemverbetering is niet eenvoudig. Belangrijk als uitgangspunt is te weten met wat voor grondsoort je te maken hebt. Want iedere grondsoort heeft zijn kwaliteit en door een ander product of organismen toe te voegen verandert de samenstelling.

- ✓ Bij een zandgrond is het verstandig om met Bentoniet het vochtvasthoudend vermogen te vergroten. Dit in combinatie met bijvoorbeeld compost en voeg daar micro-organismen aan toe.
- ✓ Bij een kleigrond voegen we basaltmeel toe. Dit zorgt voor meer structuur van de bodem. Ook hier weer bij voorkeur in combinatie met compost en micro-organismen.
- ✓ Bij een zavelgrond is het lastiger. Belangrijk is hier om te weten wat voor een gehalte aan organische stof er aanwezig is.



Afbeelding: een oorzaak van bodemverdichting.



Afbeelding: wortels van graan gewas om zo mechanische bodemverdichting tegen te gaan.



## Opdracht 10 Organische kringloop



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Fotocamera of je  
telefoon

Maak een foto in je eigen omgeving van een organische  
kringloop. Verduidelijk dit met een korte beschrijving.

## Opdracht 11 Organische stof



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 8:  
organische kringloop

Beantwoord de volgende vragen over organische stof:

- ✓ Wat is het belang van organische stof?
- ✓ Hoe voer je deze stof aan?
- ✓ Waardoor breekt het af?

## Opdracht 12 Bodemverdichting



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 8:  
organische kringloop

Beantwoord de volgende vragen over bodemverdichting:

- ✓ Wat veroorzaakt bodemverdichting?
- ✓ Wat zijn de gevolgen?





## 9. Bodemkringloop

### Veelvoorkomende bodemorganismen

Dat zijn: bacteriën, actinomyceten, Mycorrhiza, diverse schimmels, protozoën, aaltjes en regenwormen.

### Functionele agro-biodiversiteit

Is de groep van organismen die een nuttige bijdrage kunnen leveren aan een duurzaam gebruik van de bodem door de mens.

### Bodemvoedselkringloop

Van regenwormen → protozoën → schimmels en bacteriën → nutriënten → plant

### Micro-organismen en de bodem

In een theelepeltje grond zitten tien tot honderd miljoen micro-organismen!

In de bodem komen diverse organismen van nature voor. Deze zorgen voor:

- ✓ Het in stand houden van de bodemstructuur.
- ✓ Ze veroorzaken holten.
- ✓ Zorgen voor afbraak van dood organisch materiaal.
- ✓ Bieden bescherming aan plantenwortels tegen bodempathogene.

Om de rol van het bodemleven voor bodemkwaliteit te bespreken wordt vaak verwezen naar het begrip functionele agro-biodiversiteit. Van een aantal groepen bodemorganismen wordt hieronder de belangrijkste rol in de bodem (ook wel ecosysteemdiensten) genoemd.

Door hun activiteit:

- ontstaat het mengen van organische en anorganische bodemdelen.
- ontstaat een betere lucht- en waterhuishouding.
- komen er voedingsstoffen vrij uit compost, humus en organische stof voor de plant.

De meest voorkomende soorten bodemorganismen zijn:

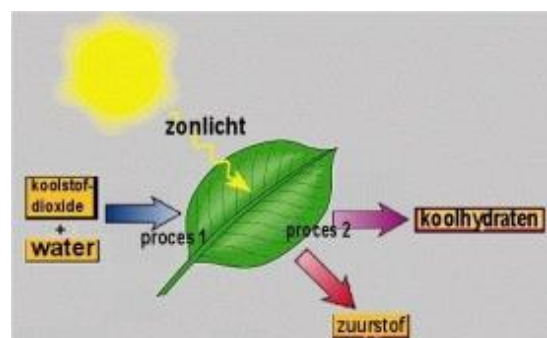
bacteriën, actinomyceten, Mycorrhiza, diverse schimmels, protozoën, aaltjes en regenwormen.

Elk van deze bodemorganismen hebben een functie in de bodemvoedselkringloop. Omdat van elk bodemorganisme veel te vertellen valt, worden in de hierna volgende hoofdstukken per groep eea verder uitgewerkt.

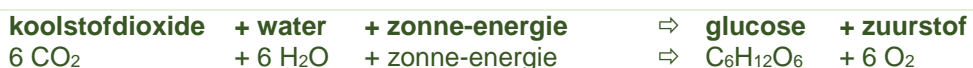
Bodemleven bestaat bij gratie door fotosynthese.

Hierbij komen suikers vrij.

Dit is de energiebron voor het bodemleven.



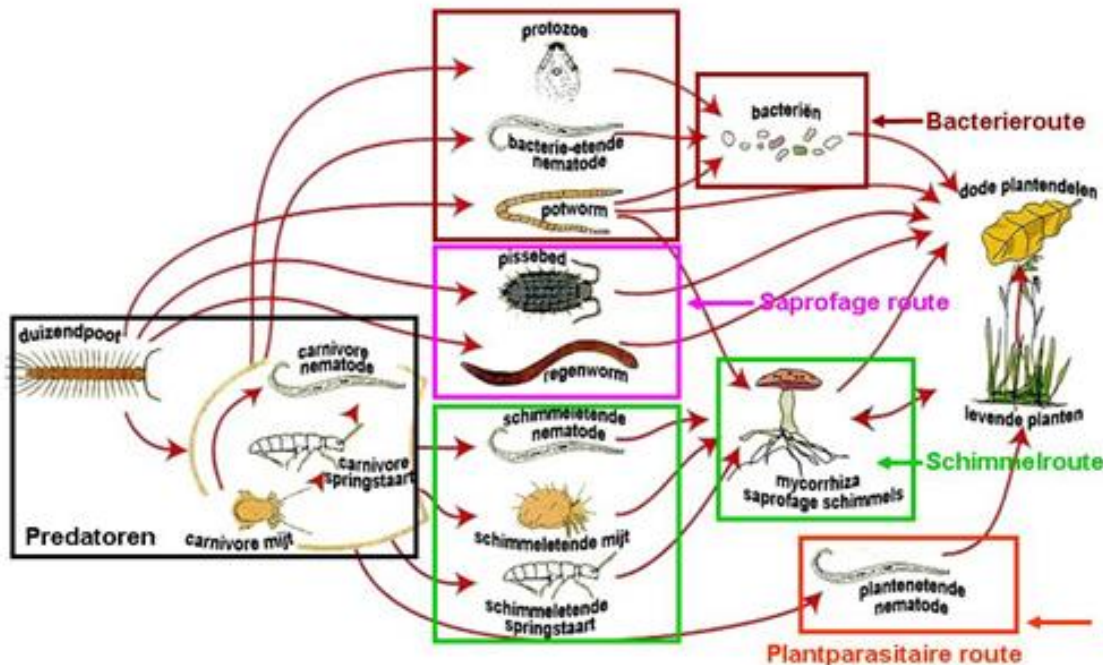
In het kort de schematische formulering van fotosynthese:



Anders gezegd: suikers (glucose) -> schimmels en bacteriën -> protozoën.



Hierbij een afbeelding van het bodemvoedselweb of bodemkringloop.  
De internationale term hiervoor is Soil Food Web.



### Korte uitleg van het bodemvoedselweb

Wormen en andere grotere organismen breken dood organisch materiaal in kleine stukjes (humus). Deze wordt door actinomyceten, schimmels en bacteriën verder afgebroken tot opneembare voedingselementen voor de plant.

Onder invloed van zonlicht, voeding, kooldioxide en water, produceert de plant zuurstof en suikers. Deze suikers worden voor een klein deel afgegeven door de wortels, hetgeen weer als voedsel dient voor de schimmels en bacteriën.

Door het gebruik van kunstmest en chemische bestrijdingsmiddelen brengen we schade toe aan deze micro-organismen en de bodemkringloop. Het gevolg laat zich raden: verslechtering van de bodemstructuur, vermindering van opnamecapaciteit van de planten en een verminderde weerstand. Tevens kan er minder zuurstof in de bodem doordringen en kan er een anaëroob omzettingsproces (rotting) ontstaan. Hierdoor sterven plantenwortels af. Als reactie op de slechte groei geeft men vaak nog wat extra kunstmest om groei te stimuleren, echter een averechts effect wordt bereikt. Zo komen we in een **negatieve groeispiraal** terecht.

Om dit te keren, dienen we de structuur te verbeteren, micro-organismen te enten en organisch te gaan bemesten. Vanaf deze start kan er weer een **positieve groeispiraal** ontstaan en de planten weer tot volledig wasdom komen.



### Opdracht 13 Grondmonster



1 of meer



tool



opdracht

In groepen

fotocamera

Middels een excursie gaan we een grondmonster nemen. Met behulp van diverse metingen, proeven en parameters beoordelen we het grondmonster.

Maak tijdens de excursie eigen foto's.

Opdracht is om de diverse metingen en de beoordeling van het grondmonster te beschrijven. Maak dit zichtbaar aan de hand van je eigen fotomateriaal.

### Opdracht 14 Bodemleven



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 9:  
bodemkringloop

Benoem de belangrijkste verschijningsvormen van bodemleven.

Geef van deze verschijningsvormen enkele voorbeelden.

### Opdracht 15 Bodemvoedselweb



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 9:  
bodemkringloop

Teken een bodemvoedselweb.

Geef bij je tekening uitleg waarom een voedselweb eigenlijk nuttig is.







## 10. Bacteriën en schimmels

### Bacteriën

Er zijn veel verschillende soorten bacteriën in de bodem voor diverse taken.

#### Aërobe bacteriën

Hebben zuurstof nodig voor hun bestaan. Bepalen door hun aantal of er veel/weinig biologisch leven in de grond aanwezig is.

#### Anaerobe bacteriën

Veroorzaken rotting. Komen ze in aanraking met zuurstof gaan ze dood.

#### Fototrofe bacteriën

Maken van wortelafscheidingsen en organische stof, aminozuren, nucleïnezuren en suikers.

### Bacteriën en schimmels

In de bodem komen veel bacteriën en schimmels voor. We gaan nu wat dieper in op welke functies en belangrijke soorten bacteriën er zijn.

### BACTERIËN

In de bodem komen vele soorten bacteriën voor met verschillende taken:

- ✓ omzetting van organisch materiaal
- ✓ verbetering van de bodemstructuur
- ✓ binding van stikstof
- ✓ nitrificatie (omzetting van ammoniumstikstof in nitraatstikstof)
- ✓ ziektevering

We noemen een aantal veelvoorkomende bacteriën en werken ze daarna verder uit.

- 1) Aërobe
- 2) Anaerobe
- 3) Fototrofe
- 4) Rhizobium
- 5) Azotobacter
- 6) Actinomyceten

#### Aërobe bacteriën

Aërobe bacteriën hebben zuurstof nodig voor hun bestaan. Door het aantal van deze bacteriën te bepalen, weten we of er veel of weinig biologisch leven in een grond aanwezig is. Zijn er veel aërobe bacteriën aangetroffen, dan is er een actiever bodemleven waarbij ook een hogere vruchtbaarheid in de vorm van nalevering van voedingsstoffen mag worden verwacht.

Er zijn vele honderden soorten bacteriën in de grond. Een bepaling geeft een optelling weer van de kweekbare, met zuurstof levende, bacteriën. In een daaruit voortkomende bemestingsadvies wordt rekening gehouden met de uitkomsten van het aantal bacteriën en andere organismen.

#### Anaerobe bacteriën

Als anaërobe bacteriën in aanraking komen met zuurstof gaan ze dood. Zo zijn er bacteriën die CO<sub>2</sub> omzetten in methaangas. Vaak treden dit soort processen op in een dichtgeslagen bodem en ruiken we een rottingslucht. Ook zijn er bacteriën die hele giftige chloorverbindingen weten om te zetten in minder schadelijke verbindingen.



### **Rhizobium bacteriën**

Kunnen stikstof uit de lucht binden en aan de plant geven. Vlinderbloemigen kunnen goed met ze samenwerken.

### **Azotobacter**

Een vrijlevende stikstofbindende bacterie.

### **Actinomyceten**

Symbiotische bacteriën met een aantal schimmel-achtige kenmerken. Geven geur aan de bodem. Breken organische stof af en maken uit aminozuren, antimicrobiële stoffen.

### **Fototrofe bacterie**

Eén van de belangrijkste soorten is wel de fototrofe bacterie. Deze bacteriën maken van wortelafscheidings- en organische stof, door middel van zonlicht en bodemwarmte, o.a. aminozuren, nucleïnezuren en suikers.

### **Rhizobium bacteriën**

Het bijzondere van vlinderbloemigen is dat ze kunnen samenwerken met rhizobium bacteriën. Dat is voor de vlinderbloemigen van groot voordeel, want de rhizobium bacteriën kunnen stikstof uit de lucht binden en geven dat aan de plant. Planten hebben stikstof nodig (om eiwitten te kunnen maken), maar kunnen zelf alleen stikstof uit de grond halen. De plant geeft in ruil hiervoor suikers af aan de rhizobium. Door hun samenwerking met rhizobium bacteriën hebben vlinderbloemigen dus een extra stikstofbron. Vaak wordt dit als groenbemester toegepast.

### **Azotobacter**

Een andere belangrijke bacterie is de Azotobacter: een vrijlevende stikstofbindende bacterie. Bacteriën kunnen heel goed in symbiose leven met Mycorrhiza en doen deze toenemen in de bodem. Bindt onder gunstige omstandigheden tot wel 10 kg per hectare.

### **Actinomyceten**

Straalzwammen (actinomyceten) zijn symbiotische bacteriën met een aantal schimmelachtige kenmerken.

Actinomyceten geven geur aan de bodem (de zgn. bosgrondgeur). Ze lijken op schimmels, maar hebben ook veel gelijkenis met bacteriën. Ze breken organische stof af en maken uit aminozuren antimicrobiële stoffen. Deze komen vervolgens beschikbaar voor de plant.

V  
O  
O  
R  
B  
E  
E  
L  
D

### **Voorbeeld symbiose van Actinomyceten**

Symbiose met de els.

Ze leven in de knolletjes aan de wortels van de elzen en zorgen er dan voor dat de els een onafhankelijke aanvoer van stikstof heeft en geen last heeft van andere concurrerende planten.





## SCHIMMELS

Vrijwel alle schimmels leven van dode planten (bv. *Aspergillus* en *Penicillium*). Planten bestaan vaak voor een belangrijk deel uit cellulose en lignine.

- ✓ Cellulose kan door veel organismen worden afgebroken.
- ✓ Lignine vrijwel alleen door een beperkt aantal schimmels. Uit deze lignine wordt de stabiele humus gevormd.

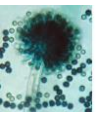
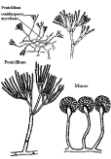
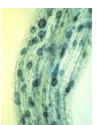
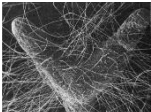
Toch zijn schimmels meestal nuttig. Ze spelen een belangrijke rol in de meeste ecosystemen. Schimmels kunnen ook in symbiose leven met planten. Zowel schimmel als plant hebben er voordeel van zoals bij wortelschimmels.

Er zijn in Nederland ruim 3500 soorten paddenstoelen, waarvan er ongeveer 800 in symbiose met bomen leven.

Het mycelium omgeeft de haarwortels van de boom en geeft zodoende ook bescherming tegen uitdroging en wortelparasieten. Hierdoor kunnen er makkelijker mineralen door de boom uit de bodem opgenomen worden. De zwam leeft van de koolhydraten (suikers) die de boom in de bladeren produceert en o.a. naar de wortels transporteert.



We noemen in het kort enkele belangrijke schimmelsoorten.

soort	kenmerken	bijzonderheden
<b>Aspergillus</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Het is een draadvormige schimmel.</li> <li>✓ komt van nature voor in hooi en compost.</li> <li>✓ <i>Aspergillus niger</i> vormt enzymen die gebruikt worden voor de afbraak van houtachtige stoffen.</li> </ul>	<p>Is een geslacht dat bestaat uit ongeveer 200 schimmelsoorten, die over de hele wereld voorkomen.</p>
<b>Penicillium</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ In de cellen van deze schimmel vormt het antibioticum zich in enkele stappen.</li> </ul>	<p>Penicilline wordt gewonnen uit de schimmel <i>Penicillium chrysogenum</i>.</p>
<b>Mycorrhiza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Deze schimmels leven in symbiose met de plant. Alleen de plantenfamilies <i>Chenopodiaceae</i> (ganzevoetfam.) en de <i>Cruciferae-Brassicaceae</i> (kruisbloemige) vormen daarop een uitzondering.</li> <li>✓ Mycorrhiza's hebben verschillende functies: <ul style="list-style-type: none"> <li>• verbeteren de opnamecapaciteit van nutriënten, bv fosfaat</li> <li>• verhogen de weerstand</li> <li>• bevorderen de opnamecapaciteit van bodemvocht</li> <li>• bevorderen de bodemstructuur</li> </ul> </li> </ul>	<p>Er bestaan 2 soorten Mycorrhiza;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <i>Endomycorrhiza</i>, leeft IN de wortel.</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>2) <i>Ectomycorrhiza</i>, leeft BUITEN op de wortel</li> </ol> 





## 11. Regenwormen

We hebben gezien dat bacteriën en schimmels van belang zijn voor de bodem. Dit geldt eveneens voor de regenwormen. Regenwormen zijn essentieel lucht- en waterhuishouding in de bodem.

Regenwormen leven van dood organisch materiaal; dit wordt omgezet in humus. Wormen zijn zeer nuttig, want door de afbraak van organisch materiaal (bijvoorbeeld blad of wortelresten) wordt verslemping voorkomen. Door het graven van gangen en tunnels wordt de bodemstructuur (lucht /waterhuishouding) sterk verbeterd.



Regenwormen zorgen voor:

- ✓ afbraak van grof organisch materiaal
- ✓ holten in de bodem
- ✓ voor samenklitten van de gronddeeltjes

### Soorten

Er zijn verschillende soorten regenwormen. In Nederland en België komen 25 soorten voor. Wereldwijd zijn er meer dan 2200 soorten bekend. Ze komen overal voor, behalve in droge klimaten en op Antarctica.

Ze variëren in lengte van 2 cm tot meer dan 300 cm en 8 mm dikte.

Bij het trillen van de grond kruipen de regenwormen uit de grond. Dit kan door de loopbewegingen van dieren, door menselijk handelen of onder natuurlijke omstandigheden zoals het vallen van regendruppels op de aarde. Regenwormen zijn vooral 's nachts actief. In de winter kruipen de regenwormen dieper de grond in en gaan in een soort winterslaap.

### Segmentering

De regenworm bestaat uit talrijke ringen (**segmenten**). Aan elke ring zitten nauwelijks uit de huid stekende borstels (setae).

Elk segment heeft vier paar borstels, die uit chitine en proteïne zijn opgebouwd en deze kunnen door afzonderlijke spieren bewogen worden. Het aantal segmenten neemt met het ouder worden toe, doordat in een speciale groeizone vlakbij het uiteinde nieuwe segmenten ontstaan. Vooraan na ongeveer het dertigste segment zit bij volwassen regenwormen een verdikking, het **zadel** (clitellum) genoemd.

### Voortbeweging

Regenwormen leven onder de grond en kunnen zich daar voortbewegen door het afscheiden van een slijm laagje en de kleine borsteltjes (setae), die op elk segment zitten. Door de aarde op te eten en door samentrekking van de spieren gaat de worm vooruit. Hierbij wordt het organische materiaal gedeeltelijk verteerd en de overgebleven aarde goed gemengd weer uitgescheiden. Vaak zijn ook bovenop de grond de uitgescheiden aarde als hoopjes te zien.

### Voortplanting

Regenwormen zijn tweeslachtig (hermafrodiët), maar een regenworm kan niet zijn/haar eigen eitjes bevruchten. Elke regenworm heeft zowel een mannelijk als een vrouwelijk geslachtsorgaan.

Na enkele weken komen hieruit de nieuwe wormpjes die nog enkele weken nodig hebben om volgroeid te raken.

### Herstellingsvermogen (regeneratie)

Regenwormen hebben een groot herstellingsvermogen (regeneratie).

Als een regenworm doormidden breekt, kan alleen het voorstuk in leven blijven. Als een regenworm door een dier gepakt wordt, kan hij net zoals een hagedis met zijn staart, segmenten afstoten en zo wegvlugten.



### Nut regenwormen

Regenwormen leveren een belangrijke bijdragen aan de bodemvruchtbaarheid.

#### 1) Biologisch

De regenworm is zeer belangrijk voor de afbraak van organisch materiaal (compostering). Hierbij wordt dood organisch materiaal omgezet in humus en een humusrijke grond is belangrijk voor een goede plantengroei. Uitwerpselen van wormen bevatten soms 40% meer humus dan de bovenste grondlaag, waarin de regenworm leeft.

Regenwormen trekken 's nachts bladeren, mest en ander dood organisch materiaal de grond in om later als voedsel te dienen en voor bekleding van het nest. De regenworm kan het voorstuk knopvormig laten opzwellen, waardoor de mond door een zuignap omgeven wordt. Met behulp van de keel zuigt de regenworm zich vast en trekt achteruitkruipend het blad de grond in. Uitscheidingen van de keelklieren bevorderen de vertering. In het nest wordt het organisch materiaal in stukjes gebeten en als bekleedsel gebruikt.

#### 2) Chemisch

Tegelijk met organisch materiaal eet de regenworm ook gronddeeltjes op. In de 'krop' worden de gronddeeltjes door de daar aanwezige grit (kleine steentjes) vermalen tot een fijne pasta, waardoor de mineralen voor de plant beter beschikbaar komen.

Onderzoek in de V.S. heeft uitgewezen dat uitwerpselen van de regenworm tot vijf maal meer stikstof, zeven maal meer fosfaat en elf maal meer kalium bevatten dan de omringende grond. Een regenworm kan in humusrijke grond tot 4,5 kg uitwerpselen per jaar produceren.

#### 3) Fysisch

De regenworm maakt een uitgebreid gangenstelsel en zorgt zo voor een open structuur, waardoor lucht in de grond kan komen en het regenwater snel in de grond kan dringen.

Door zijn graafactiviteiten geeft de regenworm een belangrijke bijdrage aan een open grondstructuur. Door het kruipen door de grond wordt er ook lucht door de gangen gepompt.

#### 4) Voedsel voor andere dieren

Veel dieren, zoals de egel en de merel, hebben regenwormen op hun menu staan.

### Ecologisch

Regenwormpopulaties zijn afhankelijk van zowel de fysische- als de chemische eigenschappen van de grond, zoals:

- ✓ bodemtemperatuur
- ✓ vochtigheid
- ✓ zuurgraad (pH)
- ✓ zouten
- ✓ beluchting
- ✓ textuur

Daarnaast moet er voldoende voedsel aanwezig zijn en moet de soort zich kunnen voortplanten en verspreiden. Om dit te bereiken moet er regelmatig organisch materiaal aan de grond worden toegevoegd door dit in de grond te brengen of bovenop de grond te strooien.

Regenwormen staan aan de basis van vele voedselketens en dienen als voedsel voor veel vogelsoorten: de merel, kraai, roodborstje. Maar ook egels, dassen en mollen en verschillende insecten, zoals kevers, slakken en platwormen hebben regenwormen als voedsel.

### Bedreigingen

Naast ziekten en het dienen als voedsel voor andere organismen worden regenwormen bedreigd door het gebruik van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen.

Regenwormen kunnen gifstoffen in hun lichaam opslaan, waardoor dieren die wormen als voedsel gebruiken, vergiftigd kunnen worden.





## 12. Meer bodemleven

Naast bacteriën, schimmels en regenwormen is er nog volop meer bodemleven te bespeuren. We noemen de belangrijkste op een rij.

### Protozoën

- herkenbaar : Zijn ééncellige organismen die zich vooral met bacteriën en schimmels voeden.
- verplaatsing : Verplaatsen zich met behulp van bodemvocht.
- functie : Reguleren de ontwikkeling van bacteriën en schimmels in de bodem. Door de afbraak van bacteriën en schimmels komen er nutriënten voor de plant vrij (met name stikstof en fosfor).

### Aaltjes (nematoden)

- herkenbaar : Zijn vaak kleurloze wormpjes, kleiner dan 1 mm en onzichtbaar voor het blote oog. Ze zijn uiterst talrijk in de grond aanwezig.
- functie : Is het begrazen van schimmels en bacteriën, waarbij stikstof en fosfor vrijkomt. Schimmel etende nematoden spelen een belangrijke rol in de ziekteveredheid van een bodem. Naast deze nuttige soorten zijn er echter ook heel schadelijke nematoden, die levende planten parasiteren.
- voeding : De meeste voeden zich echter met organisch materiaal. Daarnaast zijn er dus ook enkele soorten die kleine insecten, mijten en andere aaltjes op het menu hebben staan.
- soorten : We onderscheiden:
  - ✓ Vrijlevende wortelaaltjes
  - ✓ Wortelknobbelaaltjes. De wijfjes leven binnenin de wortels en vormen knobbelgezwollen.
  - ✓ Wortelkystenaaltjes
  - ✓ Stengelaaltjes, verspreidt zich in de hele plant.
  - ✓ Bladaaltjes, verspreidt zich in de hele plant.
- bestrijding : Is lastig. Oplossingen kunnen zijn:
  - ✓ vruchtwisseling
  - ✓ planten van afrikaantjes (tagetes)
  - ✓ gebruik verse grond en compost
  - ✓ enten van bodemleven

Naast suikers is er nog een andere belangrijke voedingsbron voor bodemleven en dat zijn algen.

### Algen

- herkenbaar : Groenig eencellig plantje
- verplaatsing : Deze leven vooral in bodemvocht
- functie : Dienen als voeding voor andere micro-organismen en maken calcium los in de bodem.



## Opdracht 16 Bacteriën en schimmels



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 10:  
bacteriën en  
schimmels

Beantwoord de volgende vraag:

- ✓ Michoryza schimmels en protozomen bacteriën komen voor in het bodemleven. Wat is hun specifieke taak?

## Opdracht 17 Bodemdiertjes



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 11:  
regenwormen  
Paragraaf 12: ander  
bodemleven

Beantwoord de volgende vragen:

- ✓ Waarom willen we graag veel regenwormen in onze tuingrond?
- ✓ Hoe kunnen we schadelijke aaltjes voorkomen en/of bestrijden?

## Opdracht 18 Voedselkringloop



1 of meer



tool



opdracht

met elkaar als  
groep

Aquarium, grond,  
bodemleven

Verzamel met elkaar materiaal om een eigen  
voedselkringloop te creëren.

Denk hierbij aan:

- ✓ oud aquarium
- ✓ grond
- ✓ bodemleven
- ✓ etc.





### 13. Zuurgraad (pH)

#### pH

pH-waarde is een maat voor de hoeveelheid zuurdeeltjes die in een oplossing voorkomen. Neemt af naarmate er meer zuur in de oplossing zit.

#### Meetbaarheid pH

- ✓ Door pH-water ( $H_2O$ ): meten vrije  $H^+$  ionen, niet de  $H^+$  ionen
- ✓ Door pH-kaliumchloride (KCl): meten de  $H^+$  ionen

#### Wet van de ionenwisseling

Kleimineralen en organische stoffen hebben als stof de capaciteit om de  $H^+$  ionen te binden en vervolgens uit te wisselen.

#### Wat is pH?

De pH is een chemische benaming voor de zuurgraad van een oplossing.

De afkorting van pH = product van de  $H$ -ionen, de mate waarin elementen in de bodem worden opgenomen is afhankelijk van de juiste pH.

De zuurdeeltjes noemen we  $H^+$ . De pH kan variëren tussen 1 en 14, waarbij pH-7 neutraal is, pH-7< zuur is en een pH-7> basisch is.

De pH-waarde neemt af naarmate er meer zuur in de oplossing zit.

Eén pH eenheid betekent een 10-voudig concentratieverschil van het zuur. In een oplossing met pH 5 zit dus 10 keer zoveel zuur (=  $H^+$ ) als in een oplossing met pH 6.

#### Functie en meten van pH

De pH regelt het evenwicht in de bodem d.m.v. chemische processen. Voor het goed functioneren van het bodemleven moet de pH zeker boven 4,8 liggen.

- ✓ Is de pH te laag, dan komen er meer sporelementen, zware metalen en fosfaat e.d. in het bodemvocht voor.
- ✓ Bij een te hoge pH, dus bij aanwezigheid van veel kalk, kan door vastlegging of fixatie juist gebrek aan mangaan-, ijzer-, borium-, zink- en koper optreden.

Er zijn twee methoden die in de praktijk worden gebruikt om de pH te bepalen. Dit zijn:

- 1) de pH-water ( $H_2O$ )  
De pH-water wordt gemeten door water aan de grond toe te voegen. Met dit pH-water meten we de vrije  $H^+$  ionen, maar niet de  $H^+$  ionen, die gebonden zijn aan de klei- en humusdeeltjes.
- 2) de pH-kaliumchloride (KCl)  
De pH-kaliumchloride wordt gemeten door een oplossing van kaliumchloride aan de grond toe te voegen. Dit pH-kaliumchloride maakt de  $H^+$  ionen die aan de klei- en humusdeeltjes zitten wel los.

Tussen de beide methoden zit dus een verschil.

Dit kan variëren van een 0,3 tot 1,1 (gemiddeld 0,7) eenheden lagere pH-kaliumchloride dan die van de pH-water. Hieruit blijkt dat de factoren kleimineralen en organische stoffen een zeer belangrijke rol spelen in de bodem. Deze stoffen hebben namelijk de capaciteit om de  $H^+$  ionen te binden en vervolgens uit te wisselen. Dit staat in de bodemkunde bekend als de wet van de ionenwisseling.



### Verlaging van de pH

Verlaging van de pH is bijzonder lastig.

Hoewel er zuurwerkende materialen zijn, dienen hiervan dermate grote hoeveelheden te worden gebruikt, dat dit op grote praktische, technische en ook financiële problemen stuit. Bij een hoge pH is het verstandiger om de aanplant enigszins aan te passen door (meer) kalkminnende planten, struiken en bomen in te plannen. Bij grassen is een hoge pH-waarde minder bezwaarlijk. Om te verzuren kan turf gebruikt worden of verzurende kunstmeststoffen.

### Verhoging van de pH

Om de pH te verhogen en de grond minder zuur te maken, zijn er twee mogelijkheden:

- 1) kalk strooien
- 2) bodembewerking

#### Meer achtergrond over kalk strooien

Kalkmeststoffen kunnen alleen verantwoord worden toegepast na een bodemonderzoek, waarbij naast de pH ook het organische stofgehalte en kleigehalte nodig zijn.

Testkitjes die de pH meten, blijken in de praktijk niet alleen bijzonder onnauwkeurig in de meting zelf, maar ook het gegeven advies is op zijn minst slecht. Dit omdat te weinig rekening wordt gehouden met de bodemeigenschappen. Afhankelijk van onder meer het organische stofgehalte is namelijk de hoeveelheid kalk hoger of lager, die nodig is om een pH eenheid te verhogen.

Door overbekalking kan definitieve schade ontstaan. Eenmaal gegeven kalk kan niet zomaar weer worden gecompenseerd of verwijderd uit de grond. De toestand kan bijvoorbeeld pas na tien of meer jaren goed komen, doordat de pH in die tussentijd iets daalt.



Afbeelding kalk strooien om pH te verhogen

### De verschillende grondsoorten en hun bijbehorende pH

Naast het waterstof bindende vermogen van de klei- en humusdeeltjes, is de pH ook sterk afhankelijk van de grondsoort. Heel lichte gronden zijn al bruikbaar bij een pH van ongeveer 4,6 terwijl zware klei pas bruikbaar is vanaf een pH van ongeveer 6,5.

In onderstaande tabel is te zien welke pH-waarde gunstig is voor welke grondsoort.

#### pH (KCl)

Classificatie	zand	zandleem	leem	klei
zeer zuur	< 4,0	< 4,5	< 5,0	< 5,5
laag	4,0 - 4,5	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 6,4
tamelijk laag	4,6 - 5,1	5,6 - 6,1	6,1 - 6,6	6,5 - 7,1
streefzone	5,2 - 5,6	6,2 - 6,6	6,7 - 7,3	7,2 - 7,7
tamelijk hoog	5,7 - 6,2	6,7 - 6,9	7,4 - 7,7	7,8 - 7,9
hoog	6,3 - 6,8	7,0 - 7,4	7,8 - 8,0	8,0 - 8,1
zeer hoog	> 6,8	> 7,4	> 8,0	> 8,1





Waarmee kun je bepaalde pH-waardes nu eigenlijk vergelijken?

#### van pH 7.4 tot pH 0

pH 7.4	menselijk bloed
pH 7	zuiver water (neutraal)
pH 6.6	melk
pH 6	natuurlijke regen
pH 5	licht zure regen
pH 4.5	tomaten
pH 4	zure regen, tomatensap
pH 3	consumptie azijn
pH 2.27	coca cola
pH 2	citroensap
pH 1	maagzuur, accuzuur
pH 0	zoutzuur (1 mol/l)

#### Type kalkmeststof en eigenschappen

In het algemeen gaat het bij vrijwel alle kalkmeststoffen om calcium en magnesiumcarbonaten die in de bodem een basische reactie geven en daardoor zuur neutraliseren in de bodem. Er zijn vele variaties in de handel, waarbij vaak alleen het magnesiumgehalte en de zuurbindende waarde verschilt.

Er zijn globaal 4 soorten kalkbemesting beschikbaar.

#### Soorten kalkbemesting

1) Dolokal	Harde, goedkope kalk. Valt erg traag uiteen. moet in het najaar gegeven worden.
2) Cocolietenkalk	Winning in kalkgrove en bestaat uit skeletten van fossiele algen. Zachte kalk die snel oplost. Kan het hele jaar gestrooid worden.
3) Maërl kalk	Een veelgebruikte jonge zeealgenkalk voor kalkbemesting. Deze kalk is afkomstig van skeletten van zeedieren en rijker aan mineralen. Bevat extra veel sporenelementen. Kan het hele jaar gebruikt worden.
4) BN Korrelkalk	Korrelkalk die snel oplost valt gemakkelijk uiteen. Op basis van Cocolietenkalk

#### Voedingsopname

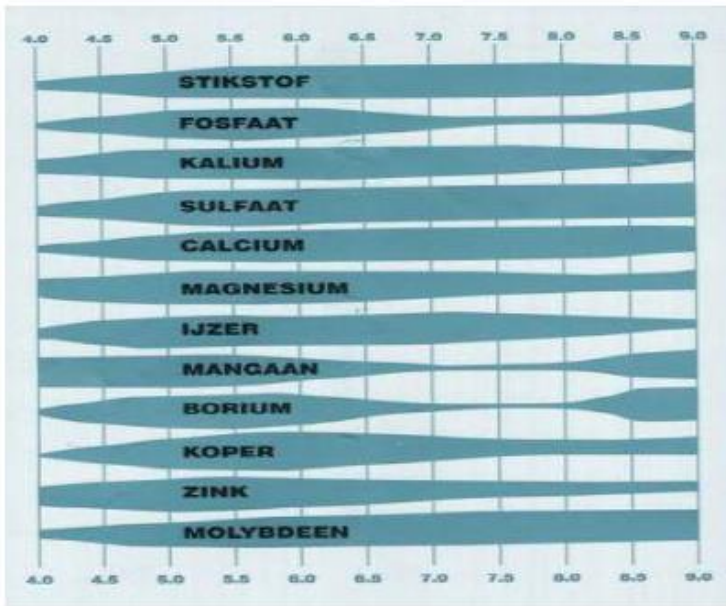
Hoe het komt dat planten niet willen groeien als de pH van de bodem niet geschikt is, heeft alles te maken met de voeding van de plant.

Bij een bepaalde zuurgraad vormen sommige elementen andere verbindingen, die niet opneembaar zijn voor de plantenwortels. De elementen zitten dus nog wel in de grond, maar zijn niet meer beschikbaar voor de planten. Dat leidt dan tot **gebrekverschijnselen**, die het eerst tot uiting komen bij die elementen waar de planten het minst van nodig hebben.

De gewassen ondervinden minder schade van een te lage pH, naarmate het humusgehalte hoger is.







Afbeelding opnamegrafiek voedingsstoffen in relatie tot pH-waarde.

De relatie opneembaarheid, pH en verschillende gewasgroepen die goed floreren bij een juiste pH-waarde geven we in onderstaande tabel weer. Eén en ander heeft dus te maken met het beschikbaar zijn / komen van voedingsstoffen voor die planten.

#### Optimale pH-waarde voor de diverse plantgroepen

Plantengroepen	Optimale pH-waarde
Gazons	6.0 – 7.0
Borders algemeen	5.5 – 6.5
Kalkminnende planten	6.0 – 7.0
Zuurminnende planten	5.0 – 6.0
Bomen algemeen	5.5 – 6.5
Azalea / Rododendron en heide	4.0 – 5.5

#### Opdracht 19 pH-waarde



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 13:  
zuurgraad

Beantwoord de volgende vragen over zuurgraad:

- ✓ Wat bedoelen we met een pH-waarde van de grond?
- ✓ Wat is het gevolg van een hoge pH-waarde?
- ✓ Wat is het gevolg van een lage pH-waarde?
- ✓ Wat voor soort beplanting vind je op een zure grond?
- ✓ Wat voor soort beplanting vind je op een basische grond?





## 14. Bodemstructuur

### Bodemtextuur

Zijn alle kleinste deeltjes van de bodem bij elkaar, variëren in grootte (klei, silt of zand).

### Bodemstructuur

Is de onderlinge rangschikking en samenhang van de vaste gronddeeltjes (mineralen en organische stof).

De bodem bestaat uit deeltjes van verschillende grootte.

Sommige houden vocht of nutriënten vast en spelen daarmee een rol bij de bodemvruchtbaarheid. Ook om het risico van gevoeligheid voor slemp en droogte in te schatten, speelt de bodemtextuur een belangrijke rol.

De kleinste deeltjes van de bodem variëren nog enorm in grootte. Ze worden aangeduid met klei (of lutum), silt en zand. De kleinste gronddeeltjes heten klei, de grovere delen heten zand.

Silt zit tussen klei en zand is. Het is groter dan klei maar kleiner dan zand.

De bodemtextuur verklaart bijvoorbeeld waarom twee percelen met eenzelfde percentage afslibbaar toch verschillen in slempgevoeligheid.

Ook kan bodemtextuur het verschil in bewerkbaarheid verklaren en waarom het ene perceel zandgrond droogtegevoeliger is dan het andere perceel, ondanks eenzelfde humusgehalte.

Het bedrijf BLGG AgroXpertus kan de verhouding tussen de verschillende bodemdeeltjes meten. Dat gaat een stap verder dan het bepalen van het percentage afslibbaar. Daardoor geeft deze meting extra inzicht in de eigenschappen van de bodem, of het nu klei- of zandgrond is.

Onderstaand een weergave van de grootte van de verschillende bodemdeeltjes welke elk hun eigen kenmerken en eigenschappen heeft.

Bodem	grootte	Kenmerken / eigenschappen
Kleideeltjes	< 0,002 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Binden nutriënten als Ca, Mg en K.</li> <li>✓ De kleideeltjes binden ook vocht, maar ze staan dat niet snel af aan de plantenwortels.</li> </ul>
Silt	0,002 – 0,05 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zijn niet zichtbaar zonder microscoop.</li> <li>✓ Bindt weinig nutriënten.</li> <li>✓ Het kan wel goed water vasthouden en staat dat ook weer gemakkelijk af aan het gewas.</li> </ul>
Zand	0,05 – 2 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bindt geen nutriënten</li> <li>✓ De korrels zelf houden weinig vocht vast.</li> <li>✓ Door de ruimte tussen de zandkorrels voert het wel gemakkelijk vocht af</li> <li>✓ het zorgt voor een goede ontwatering.</li> </ul>

De bodemstructuur is de onderlinge rangschikking en samenhang van de vaste gronddeeltjes en is zeer belangrijk voor een goede plantengroei. De vaste gronddeeltjes bestaan uit mineralen (zand, klei en silt) en organische stof.



## Bouwvoor

De bovenste laag grond vormt de bouwvoor. Dit is de bovenste laag grond die regelmatig geploegd of gespit wordt en waarin de meeste wortelvorming plaatsvindt. Hierin zijn de vaste gronddeeltjes aaneengekleefd tot aggregaten en vormen zo een kruimelstructuur. Deze liggen min of meer los van elkaar. Tussen en in de aggregaten zitten poriën, die lucht en water kunnen bevatten. De kleine poriën zijn in staat water vast te houden en de grote poriën zijn meestal gevuld met lucht.

- ✓ Bij een goede bodemstructuur  
In natte perioden wordt overtollig water snel afgevoerd en blijft er voor droge perioden voldoende water achter. Ook is dan een goede bodemventilatie mogelijk.
- ✓ Bij een slechte bodemstructuur  
In het algemeen neemt de doorlatendheid af, komen er teveel kleine poriën en vallen de aggregaten uiteen in losse gronddeeltjes. Op zandgronden kan door trillingen van bijvoorbeeld tractoren en machines verdichting optreden, doordat de zandkorrels dichter bij elkaar komen te liggen. Hierdoor wordt de waterafvoer slechter en kunnen de plantenwortels moeilijker de grond indringen.



Afbeelding slechte bodemstructuur  
Het effect van een dichtgeslagen (verslemping) heeft directe gevolgen voor de gewasgroei.

Humus verbetert de structuur. Het zorgt ervoor dat het de gronddeeltjes aan elkaar bindt (maar niet zo sterk dat er kluiten ontstaan). Ook kan Humus het vocht goed vasthouden. De structuur van kleigrond kan vaak in de winter weer verbeterd worden door vorst.

Een slechte structuur ontstaat vaak bij het oogsten onder natte omstandigheden. Vooral bij kleigronden. De structuur van grond kan verbeterd worden door het humusgehalte te verhogen. Eén van de mogelijkheden hiervoor is het verbouwen van groenbemestingsgewassen of het gebruik van organische mest. Hierdoor zal ook de bodemvruchtbaarheid toenemen.

## Opdracht 20 Bodemstructuur



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 14:  
bodemstructuur

Beantwoord de volgende vragen over de bodemstructuur

- ✓ Hoe beïnvloed je de bodemstructuur positief
- ✓ Hoe beïnvloed je de bodemstructuur negatief?





## 15. Organische stof

### Organische stof

Is van groot belang voor structuur, bewerking, temperatuur, lucht- en waterhuishouding van de grond. Afkomstig van planten en een klein deel van dierlijke organismen. Het vormt de voedselbron voor alle bodemorganismen; het is de levensader in de grond.

### Humus

Is de vorm van organische stof die door bodemleven uit verse organische materiaal is gevormd.

Organische stof in de bodem is grotendeels afkomstig van planten en voor een klein deel van dierlijke organismen. Het wordt dus geleverd door vertering van blad, houtachtig materiaal en dierlijke resten (natuurlijke proces o.a. in het bos, of natuurtuin). Verder van door het afsterven van plantenwortels, achtergebleven gewasresten en opgebrachte compost/stalmest.

Organische stof in de bodem wordt humus genoemd, op te splitsen in:

- ✓ stabiele humus
- ✓ direct beschikbaar materiaal (levert binnen 1 à 2 jaar alweer mineralen aan de bodem)

Humus is de vorm van organische stof die door het bodemleven uit verse organische materiaal is gevormd. Het is stabiel materiaal dat meestal een groot deel van de totale hoeveelheid organische stof vormt en zorgt voor een verbetering van de structuur. De organische stof in de bodem is samen met een gezond bodemleven verantwoordelijk voor een voortdurend aanleveren van voedingsstoffen naar de plant en het in standhouden van poriën in de bodem.



Afbeelding van humus, welke de structuur van de grond kan verbeteren.

### Belang organische stof

- 1) Organische stof is van groot belang voor de structuur, de lucht- en waterhuishouding en de bewerkbaarheid van de grond.
- 2) De invloed van de organische stof op de bodem is afhankelijk van de grondsoort. Het wordt afgebroken door micro-organismen, waarbij mineralen en humuszuren ontstaan. Hierdoor komt er voeding voor de planten vrij en ontstaan er kitvormige structuren met klei en zanddeeltjes, die zorgen voor meer poriën en dus een betere zuurstof voorziening en waterbuffering en dus een betere beschikbaarheid van vocht (2 à 3%).
- 3) Ook speelt organische stof een rol bij de temperatuur van de bodem. Organische stof in de bodem is donker van kleur en neemt daardoor gemakkelijk warmte op. Donker gekleurde bodems zijn in het voorjaar eerder opgewarmd dan licht gekleurde bodems. Daardoor komt de plantengroei eerder op gang en is de vorstgevoeligheid minder.
- 4) Organische stof kan zelf een deel van de voedingsstoffen tijdelijk vastleggen als gevolg van zijn kationen-bindende capaciteit (CEC in het Engels).
- 5) Daarnaast zorgt het voor een buffering van de zuurgraad. Natuurlijk is de rol van organische stof ook afhankelijk van de grondsoort zelf. Buffering van voedingsstoffen en vocht plus het kittende vermogen is een belangrijke eigenschap op zandgronden. Op kleigronden vermindert het de slempgevoeligheid en verhoogt het poriën volume.



### **Wat bevat organische stof?**

Plantenresten bevatten verschillende stoffen. Natuurlijk sterk afhankelijk van de bodem waar ze gevormd zijn. We noemen cellulose en verschillende vormen van hemicellulose en lignine (koolstof, zuurstof en waterstof). Daarnaast ook eiwitten, aminozuren, peptiden, fenolen en suikers.

### **Cyclus van organische stof**

Het afbraak proces verloopt eerst snel en gaat daarna steeds langzamer.

Het kan tientallen jaren duren voordat het vers aangevoerde materiaal volledig tot stabiele humus is omgezet. Organische stof vormt de voedselbron voor alle bodemorganismen.

Doordat er in de bodem geen licht doordringt kunnen bodemorganismen geen gebruik maken van zonlicht als energiebron. Daardoor zijn alle bodemorganismen afhankelijk van organisch materiaal voor hun energie- en voedselvoorziening (suikers gevormd door fotosynthese).

Kortom organische stof is de levensader in de grond.

Een gezonde bodem dient minimaal 3% organische stof te bevatten. Meer optimaal zijn gehalten tussen 5 en 8%. Door mineralisatie (afbraak) verdwijnt er elk jaar wat organische stof. Dit bedraagt 1 à 2 % van het geheel.

Goede compost is gevarieerd aan materialen en kun je zelf maken of laten ontstaan door natuurlijk beheer van een tuin/perceel. Als je toch moet aanvoeren, kies dan een goede compost (meestal niet de goedkoopste), die genoeg gerijpt is en voldoende structuur bevat. Pas op met teveel ineens. Hierdoor kunnen zuurstof- en stikstoftekorten optreden. Deze stoffen worden namelijk in het afbraak proces verbruikt door bodemorganismen.





## 16. Hoofd- en sporenelementen

### Hoofdelementen

Zijn de basisvoedingsstoffen van de plant en essentieel.

### Sporenelementen

Zijn de vitamines voor de plant en zijn belangrijk voor het goed functioneren van de plant.

De elementen worden onderverdeeld in hoofd- en sporenelementen. Maar wat zijn eigenlijk hoofd- en sporenelementen? Hoofd- en sporenelementen zijn de voedingsstoffen voor een gewas.

### Hoofdelementen

Zijn de basis voedingsstoffen voor de plant. Zeg maar de aardappels.

We onderscheiden 5 hoofd voedingsstoffen:

- ✓ N (stikstof)
- ✓ P (fosfaat)
- ✓ K (kali)
- ✓ Mg (magnesium)
- ✓ Ca (calcium)
- ✓ zwavel wordt ook vaak nog meegerekend.

### Sporenelementen

Zijn stoffen die in zeer kleine hoeveelheden door de plant worden opgenomen. Je kunt ze beschouwen als de vitamine voor planten. De sporenelementen (de vitamines) zijn in mindere mate nodig maar wel essentieel voor een goed functioneren van de plant.

Sommige ervan, zoals borium, mangaan, ijzer, zink, molybdeen en koper zijn onontbeerlijk voor een plant. In de plant vervullen ze vele functies. Het zijn vaak essentiële functies in de biochemische stofhuishouding van een plant. Tevens voor weerstand en ziekteverend vermogen, optimalisatie van de stofwisseling in de plant en het hormonentransport door de plant.

Bij lage gehalten in de bodem wordt de kwaliteit, groei en opbrengst negatief beïnvloed. Pas bij (veel) te lage gehalten treden zichtbare gebrekverschijnselen op.

### Meten

- ✓ Hoofdelementen zijn in hogere concentraties aanwezig en worden gemeten in mmol/l.
- ✓ Sporenelementen zijn in lagere concentraties aanwezig en worden gemeten in µmol/l.

Om te zorgen dat planten over voldoende voedingsstoffen kunnen beschikken, geven we meststoffen. Meststoffen hebben zowel hoofd- als sporenelementen. We zetten de belangrijkste ingrediënten hierbij overzichtelijk voor je op een rij en geven daarnaast ook aan waarvoor dit belangrijk is en zorgdraagt. Daarna gaan we er per element nog wat dieper op in.



HOOFDELEMENT	afkorting	belangrijk voor:
Stikstof	N	Bovengrondse plantdelen, bladgroen en de vorming van eiwitten.
Fosfaat	P	Wortelontwikkeling.
Kali	K	Sapstroom door de plant, aanmaak suikers en stevigheid.
Magnesium	Mg	Aanmaak bladgroen.
Zwavel	S	Vorming van eiwitten en intern transport.
Calcium	Ca	Neutralisator van zuren, zorgt voor de waterhuishouding en stevigheid celwand.

SPORENELEMENT	afkorting	belangrijk voor:
IJzer	Fe	Bladgroen, eiwitten en koolhydraten.
Mangaan	Mn	Celdeling en stofwisseling.
Koper	Cu	Huidmondjes, activering enzymen.
Molybdeen	Mo	Opneembaarheid voeding.
Borium	B	Waterhuishouding in de cellen en transport.
Silicium	Si	Bouwsteen voor de celwanden.
Zink	Zn	Vorming groeistoffen zoals Auxine en Cytokine.







## 17. Gebrekverschijnselen in het kort

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. Deze tekorten uiten zich in kleurveranderingen aan het blad of afsterving hiervan. Deze gebrekverschijnselen lijken erg op elkaar, dus een analyse is zeker nodig.

Al naar gelang hun verplaatsbaarheid binnen de plant, kunnen we een onderscheid maken tussen de verschillende elementen:

- ✓ de eenvoudig verplaatsbare elementen
- ✓ de moeilijk verplaatsbare elementen

### Eenvoudig verplaatsbare elementen

Dat zijn: N (stikstof), P (fosfor), K (kalium), Mg (magnesium) en het sporenelement Zn (zink).

Deze geven in de plant een gebrek te zien aan de oudste bladeren, omdat deze elementen verplaatst worden ten gunste van de jonge plantendelen. Bij ernstige tekorten van deze elementen zal het effect door de hele plant te zien zijn.

### Moeilijk verplaatsbare elementen

Dat zijn: Ca (calcium, kalk), S (zwavel), Fe (ijzer), Mn (mangaan), B (borium), Cu (koper) en Mo (molybdeen).

Deze blijven achter in de oudere delen van de plant en kunnen niet getransporteerd worden naar de jongste delen. Hierdoor uit een gebrek zich bijna altijd in het bovenste gedeelte van het gewas of in ieder geval in de jongste delen.

Als er een tekort aan deze elementen geconstateerd wordt, dient er direct voor gezorgd te worden dat er voldoende aanwezig is in de voedingsoplossing, anders wordt de schade onherstelbaar.





## 18. Bemesting

### Wat zijn meststoffen?

De plant moet op het juiste tijdstip over voldoende voedingsstoffen kunnen beschikken. Daarbij is het belangrijk, dat deze stoffen in de goede verhouding opgenomen kunnen worden.

Wanneer voedingsstoffen onvoldoende beschikbaar zijn, kunnen door een bemesting de tekorten aangevuld worden.

### Opname van de voeding (nutriënten)

De plantenvoeding wordt toegediend via organische mest of minerale meststoffen. Voor de plant maakt dat geen verschil. Die kan elk element slechts in een specifieke verbinding opnemen. Zo wordt stikstof opgenomen in de vorm van bijvoorbeeld nitraat, dat van nature in de bodem voorkomt. Planten hebben deze nutriënten nodig voor de groei.

De aanvoer van nutriënten moet uitgebalanceerd zijn om te voorzien in de behoefte van de plant op een bepaalde grondsoort. De aanvoer is een aanvulling op de reeds in de grond aanwezige voedingsstoffen. Deze zijn echter meestal niet toereikend voor een goede en gezonde groei.

### De wortel

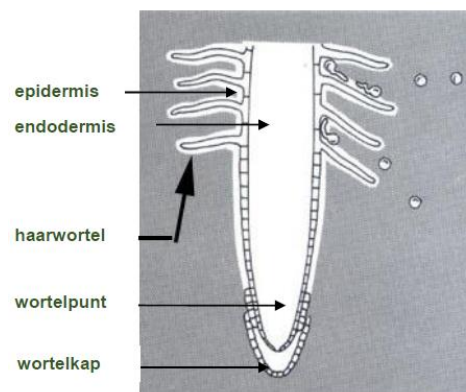
De wortel is het ondergrondse deel van de plant, waarmee deze water en voedingsstoffen (mineralen) uit de grond of uit water opneemt. Ook zorgt de wortel voor de verankering van de plant in de grond. Voor een goede groei moet de grond voldoende lucht bevatten.

In de directe omgeving van de wortel (niet verder dan 1.5 mm van de wortel af) is een verhoogde biologische activiteit aanwezig. Deze zone wordt de **rhizosfeer** genoemd. Hier wisselen haarwortels ionen en suikers uit met de bodem.

Wortels groeien **tegen** de zwaartekracht in, dus gewoonlijk naar beneden. Dit wordt **negatieve geotropie** genoemd. Bij sommige planten, zoals klimop, ontstaan wortels op de stengel als de stengel ergens tegenaan komt. Deze reactie op aanraking wordt **thigmotropisme** genoemd.

Aan de wortel zitten wortelharen, die voor de eigenlijke opname van water en minerale voedingsstoffen zorgdragen. Wortelharen zijn uitstulpingen van bepaalde rhizodermiscellen, die geen cuticula hebben. Ze zijn 5 tot 17 micrometer in doorsnee en 80 tot 1500 micrometer lang. Ze hebben maar een beperkte levensduur en worden meestal niet ouder dan 3 dagen.

Aan de toppen van de wortels bevinden zich de groeipunten. De wortels die uit deze groeipunten ontstaan, heten **primaire wortels**. Aan de top van een wortel zit een beschermkapje, het wortelmutsje (calyptra). Het wortelmutsje is slijmerig, waardoor de wortel makkelijk door de grond groeit.



Afbeelding Rhizosphere, 5 mm



Planten zoeken met hun wortels naar water en voedsel.

Als het grondwater bij droogte niet te snel zakt, kan de wortelgroei dit bijhouden en de waterbehoefte uit het grondwater blijven aanvullen. In droge grond, bij voldoende voedsel, vormt de plant een uitgebreid wortelgestel, zowel in de breedte als in de diepte. Als na een droogteperiode de grond weer nat wordt, vormt de plant direct nieuwe wortels in de vochtige plekken.

In voedselarme grond is het wortelgestel uitgebreider dan in voedselrijke grond. Op voedselrijke plekken (mestkluiten) in de grond worden meer wortels gevormd.



Wortels van dezelfde plant, maar ook wortels van andere planten van dezelfde soort vergroeiën nogal eens met elkaar, waardoor ziekten van de ene naar de andere plant kunnen worden overgedragen.

De verschillende plantensoorten concurreren met elkaar om de voedingsstoffen in de grond.

Naast elkaar kunnen diepwortelende en oppervlakkig wortelende soorten leven. Planten kunnen elkaar door uitscheiding van bepaalde stoffen uit de wortels negatief beïnvloeden.

Er vindt ook een positieve beïnvloeding plaats van het bodemleven.

De uitgescheiden stoffen bestaan uit suikers, aminozuren, andere organische zuren en amiden. Deze stoffen beïnvloeden de beschikbaarheid van minerale voedingsstoffen in de grond en stimuleren de bacterie- en schimmeligroei in de grond.

### Bouwstenen

Koolstof, waterstof, zuurstof en stikstof vormen samen de bouwstenen in planten. Ze zijn vrij beschikbaar in lucht en water.

Stikstof, fosfaat en kali zijn soms niet in voldoende mate of in een niet voor de plant opneembare vorm aanwezig. Dit remt de groei.

Planten ontvangen uit organische stof en bodemmineralen een natuurlijke aanvoer van stikstof, fosfaat en kali. Maar dit is meestal niet voldoende om in de behoefte van gewassen te voorzien. Hierdoor zal men aanvullen met meststoffen en/of compost, gedurende de groeiperioden. Ook moeten de bodemreserves (organische stof) weer aangevuld worden.

Stikstofvoorraden in de bodemorganische stof breken af en worden opgenomen in de bodemoplossing (mineralisatie). Groeiende planten nemen deze stikstof op. Bij snoei en oogst van planten wordt stikstof van het land afgevoerd.

Na het groeiseizoen gaat de mineralisatie door en dit kan leiden tot uitspoeling van stikstof uit de bodemoplossing. Sommige micro-organismen (anaerobe bacteriën) in de bodem vernietigen nitraat (denitrificatie) waardoor stikstofoxide kan ontsnappen en er stikstofgas in de lucht terecht komt.



### Soorten meststoffen

Meststoffen zijn in te delen in:

- ✓ organische meststoffen
- ✓ organisch minerale meststoffen
- ✓ minerale meststoffen = kunstmeststoffen
- ✓ gecoate kunstmeststoffen
- ✓ kippen- en koemest

Elk soort meststof heeft bepaalde specifieke kenmerken. Omdat belangrijk is te weten met wat voor soort meststof je te maken heeft, lichten we ze per onderdeel kort toe.



meststofsoort	kenmerken
<b>Organische meststof</b> 	<p>Organische meststoffen zijn opgebouwd uit natuurlijke grondstoffen (van plantaardige of dierlijke oorsprong).</p> <p>Wordt het meest gebruik van gemaakt van beender-, bloed-, en verenmeel, cacao, soja, vinasse, natuurfosfaat, kieseriet en algen.</p> <p>Deze stoffen worden door bodemleven omgezet tot opneembare voeding voor de plant. Bodemleven (bacteriën en schimmels) zorgen ervoor dat de voedingselementen opneembaar worden voor de plant. Organische meststoffen bevorderen dit bodemleven en verbeteren de bodemstructuur.</p>
<b>Organisch minerale meststof</b> 	<p>Organisch minerale meststoffen zijn gecombineerde meststoffen: deels organisch en deels kunstmest.</p> <p>Een op deze wijze samengestelde meststof noemen we organisch tot een verhouding van 60 % organisch en 40 % kunstmest. Wordt het percentage organisch lager, dan mag het geen organische meststof meer heten.</p> <p>Deze meststoffen bieden voordelen door een snellere werking dan geheel organische meststoffen, maar hebben het nadeel van toch een deel uitspoeling en vormen nauwelijks een stimulans voor het bodemleven.</p>
<b>kunstmeststof</b> 	<p>Kunstmeststoffen zijn op kunstmatige wijze gefabriceerd. Het betreft zouten die direct oplossen, wanneer ze in contact komen met water.</p> <p>Bij de opname van water wordt de plant gedwongen de elementen op te nemen en vaak in de onjuiste verhouding. Het effect hiervan is een geforceerde groei, waardoor de vatbaarheid voor ziekten en plagen sterk vergroot wordt.</p> <p>Bij gebruik van kunstmest bij warm weer kan er tevens verbranding van bladeren en gras optreden. Planten kunnen hierdoor veel schade oplopen.</p>
<b>Gecoate kunstmest</b> 	<p>Net als bij kunstmeststoffen.</p> <p>Het verschil zit hier in het aanbrengen van een laagje (coating) om de meststof heen, waardoor de afgifte (het oplossen) trager wordt.</p> <p>De afgifte over een langere periode plaatsvindt. Deze meststoffen zijn geschikt als je niet vaak wilt bemesten.</p>
<b>Kippen- en koemest</b> 	<p>Het gebruik van kippenmest heeft de volgende nadelen: door het hoge gehalte aan ammonium en ureum kan er verbranding ontstaan. Daarbij lost kippen mest snel op en is onderhevig aan uitspoeling.</p> <p>Koemest bevat helaas weinig voeding. Wel bevat koemest heel veel organisch materiaal, waardoor het heel geschikt is voor rozen en arme gronden. Bij een behoorlijke groei in de tuin, dan zijn de eerder genoemde meststoffen effectiever.</p>



## Opdracht 21 Verplaatsbare elementen



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 17:  
gebrekverschijnselen

Omschrijf in eigen woorden het verschil tussen eenvoudig verplaatsbare- en moeilijk verplaatsbare elementen.

## Opdracht 22 Meststoffen



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 18:  
bemesting

- ✓ Geef met behulp van beeldmateriaal de voordelen en nadelen van meststoffen overzichtelijk weer.
- ✓ Beantwoord de volgende vraag:  
Welke negatieve effecten kunnen chemische meststoffen hebben op de boden en de plant?





## 19. Hoofdelement stikstof (N)

### Stikstof (N)

Belangrijk voor de bovengrondse plantdelen, bladgroen en de vorming van eiwitten.

Stikstof is een bijzonder essentieel element voor het leven op aarde.

Alle eiwitten bevatten stikstof omdat zij uit **aminozuren** bestaan en ook een **nucleïnezuur**. Nucleïnezuur bestaat uit DNA en RNA en bevat stikstof.

De binding van stikstof vanuit de lucht kan door sommige organismen tot stand gebracht worden, nl. de **stikstofbindende bacteriën**. Sommige planten zoals soja en sommige vlinderbloemigen leven in symbiose met deze organismen, bijvoorbeeld in uitstulpingen van hun wortels. Alle andere planten moeten echter de noodzakelijke stikstofverbindingen uit de grond opnemen, die daar via bemesting in terecht moet komen.

Stikstof vormt 78% van de dampkring van de aarde. Daarnaast komen stikstofverbindingen als mineralen voor, zoals salpeter. Vaak zijn stikstofhoudende afzettingen van organische herkomst, zoals de guano (vogelpoep). Ook de mest van andere dieren, zoals de varkens van bepaalde streken in Nederland, bevat stikstof in overvloed.

Stikstof resulteert in een snelle groei van de bovenste delen van de plant. Dit komt doordat stikstof de fotosynthese bevordert en het grootste deel van de droge stofproductie naar de bovengrondse delen stuurt. Een minder zichtbaar effect van teveel stikstof is de slechte, negatieve invloed op de kwaliteit (ziektegevoeligheid) van de plant.

Planten nemen via de wortels stikstof op uit het bodemvocht. Deze stikstof wordt opgenomen als nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) of ureum. De wortels hebben een voorkeur voor stikstof in de vorm van nitraat. Bodemprocessen als uit- en afspoeling, denitrificatie, immobilisatie (vastlegging) en vervluchtiging, zorgen dat een hoeveelheid minerale stikstof uit de bodem verdwijnt.

De bodem zelf heeft ook een stikstofleverend vermogen. Deze stikstof is afkomstig van mineralisatie van organisch gebonden stikstof (o.a. mest- en gewasresten) in de bodem en de binding van stikstof uit de lucht door bacteriën. De organische kringloop! Het stikstofleverend vermogen kan uiteenlopen van ongeveer 100 kg N/ha op arme, droge zandgronden tot 500 kg N/ha op redelijk goed ontwaterde veengronden.

Het gebruik van organische mest en compost zorgt voor een regelmatige nalevering van stikstof. Dit komt doordat de langzame afbraak door het bodemleven van de organische mest voortdurend voedingsstoffen laat vrijkomen voor de plant.

De behoefte aan stikstof is nogal verschillend tussen de gewassen, zowel in hoeveelheid als in de verdeling daarvan over het seizoen. Nitraatgehalten in de bodem zijn in de winter meestal lager dan in de zomer omdat de mineralisatie tot stilstand komt en nitraat uitspoelt door het neerslagoverschot.

Vlak na de bemesting kan het gehalte wat hoger liggen, om daarna meestal weer af te zakken.

Matige groei (klein blad, lichtgroen) kan veroorzaakt zijn door stikstofgebrek.

Bij te veel stikstof produceren bijvoorbeeld de aardappel en de boon wel veel loof maar minder aardappeltjes en boontjes. En voor gazon en sportveld is in het groeiseizoen een stikstofgehalte van ongeveer 50-100 kg nitraatstikstof per ha een redelijke bodemvoorraad.

Stikstofbemesting dient jaarlijks te worden onderhouden. Conclusie: bij een betere bodem is minder mest noodzakelijk.

Een nadeel van een te hoge stikstofbemesting is een te snel groeiend gewas.

Dat betekent bij sportvelden en gazons dat er vaker moet worden gemaaid. Ook is de kans op aantasting door schimmels groter en zal de wortelontwikkeling achterblijven. Bij groenten- en bloementeel kan een te hoge stikstofgift betekenen dat de planten verzwakken en ook eerder door schimmels of insecten worden aangetast.





Er zijn verschillende stikstofvormen:

- ✓ Nitraatstikstof
- ✓ Ammoniumstikstof

#### Nitraatstikstof

Vooral tijdens de zomer wordt nitraat uit organische mest gevormd of wordt het rechtstreeks aan de grond toegevoegd in de vorm van meststoffen. Bij veel regenval spoelt nitraat gemakkelijk uit (verlies). Het nitraatgehalte kan dus door het jaar heen sterk schommelen.

#### Ammoniumstikstof

Ammoniumstikstof komt vrij bij de vertering van organische stof en organische mest.

Als het bodemleven en de structuur van de grond in orde zijn, wordt ammoniumstikstof snel omgezet in nitraatstikstof. Wanneer het gehalte aan ammoniumstikstof na één of meer maanden na een bemesting nog steeds hoog is, kan dat duiden op een slechte omzetting van ammonium naar nitraat. Dit is vaak een gevolg van een anaërobe wortelomgeving.

#### Koolstof/stikstof (C/N) verhouding

Uit het C/N-quotiënt, de deling van de hoeveelheid koolstof door de hoeveelheid stikstof, is af te leiden of de organische stof uit een bodem veel of weinig humus bevat.



Humus heeft een C/N-quotiënt aan van rond de 7.

Bodems met weinig humus in de organische stof, hebben een C/N-quotiënt dat boven de 18 ligt.

Veel bodems hebben een C/N-quotiënt tussen de 12 en 15. Niet alle organische stof in de grond is dus humus.

#### Gebrekverschijnselen in beeld

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. N-gebrek is een eenvoudig verplaatsbaar element. Bij ernstige tekorten hiervan, zal het effect door de hele plant te zien zijn.

Herkenning N-gebrek	afbeelding
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ egaal lichtgroene bladkleur</li> <li>✓ gepaard gaande met minder groei</li> <li>✓ vroegere bloei</li> <li>✓ hogere schimmelgevoeligheid</li> </ul> <p>Te veel stikstof geeft een groen maar slap gewas, vatbaar voor schimmels, ongedierte en verbranding.</p>	 







## 20. Hoofdelement fosfaat (P) en $P_2O_5$ (fosforzuuranhydride)

### Fosfaat (P)

Belangrijk voor de wortelontwikkeling.

Fosfor is een essentiële voedingsstof voor planten en komt op aarde voor in water en de bodem. In tegenstelling tot andere stoffen wordt fosfor niet in gasvormige staat in de lucht gevonden. Fosfor is namelijk bij normale druk en temperatuur vloeibaar. Fosfor wordt vooral als fosfaat-zout gevonden in rotsformaties en oceaansedimenten. Fosfaat-zouten die vrijkomen als gevolg van de verwerking van rotsen, lossen meestal op in bodemwater en worden opgenomen door planten. Omdat de hoeveelheid fosfor in de bodem doorgaans laag is, is het vaak de beperkende factor bij plantengroei. Daarom passen mensen vaak fosfaatmeststoffen toe in de landbouw. Dieren nemen fosfaten op door planten te eten of planten-etende dieren te eten. Wanneer dieren en planten sterven, keert het door hen uit de bodem opgenomen fosfaat tijdens de afbraak terug in de bodem en oceanen. Daarna komt het fosfor weer terecht in sedimenten en rotsformaties, waar het miljoenen jaren kan blijven. Uiteindelijk komt het fosfor weer door verwerking vrij en begint de hele cyclus weer opnieuw.

Fosfaten dienen als grondstof voor speciaal glas, dat wordt gebruikt voor bijvoorbeeld natriumlampen. Calciumfosfaat wordt in China gebruikt voor de productie van vuurwerk.

Het vrijmaken van fosfaat voor de plant gebeurt in de bodem globaal op 3 manieren:

- 1) In de bodemoplossing brengen van fosfaat door diverse vormen van bodemleven zoals bacteriën, schimmels en fosfatase enzymen.
- 2) Door afscheiding van stoffen uit de bodem, zoals organische zuren en door plantenwortels. Niet iedere plant heeft in dezelfde mate die capaciteit.
- 3) Doordat wortelschimmels (Mycorrhizae) lastig opneembaar fosfaat wel op kunnen nemen, kan een plant door een symbiose met Mycorrhizae aan te gaan, toch fosfaat opnemen.

### Fosfaat wordt sterk gebonden door de bodem

De wijze van bemesten bij fosfaat is maatgevend voor het resultaat.

- ✓ Strooien we de fosfaathoudende mest boven op de grond, dan wordt het fosfaat zodra dit oplost en in de bodemoplossing terecht komt zeer snel weer aan de bodem gebonden. Dit geldt vooral voor minerale fosfaatmeststoffen zoals natuurfosfaat en tripelsuperfosfaat,
- ✓ Strooien we fosfaat boven op de grond, dan dringt deze slechts 1-3 cm diep de grond in. De beworteling is sterk gericht op fosfaat; de wortels zoeken als het ware het fosfaat op. De wortels blijven daardoor bovenin en bereiken daardoor andere voedingsstoffen onvoldoende. In geval van een slecht functionerend gazon met een zeer lage fosfaattoestand, verdient het de aanbeveling om herinzaai te overwegen. Hierbij kan het fosfaat door de gehele teeltlaag van 0-25 cm diepte worden gewerkt.



### Soorten Fosfaat

Er zijn verschillende soorten fosfaat te onderscheiden, nl:

- ✓ Natuurfosfaat
- ✓ Tripelsuperfosfaat

#### Natuurfosfaat



Heeft de eigenschap dat het niet direct oplost. Anders zou in het bodemvocht ineens een veel te hoge grote concentratie aan fosfaat worden aangebracht. Omdat het de bodem minder beschadigt, is het mogelijk hiermee grotere doses fosfaat als voorraad aan te brengen. Dit heeft echter alleen zin, wanneer de pH van de bodem onder de 6.4 is.

#### Tripelsuperfosfaat

Natuurfosfaat geeft dus niet altijd voldoende effect, zoals bij een hoge pH of als er al veel anorganisch fosfaat in de bodem opgeslagen is. Daarom kan in sommige situaties toch beter worden gekozen voor een goed oplosbare fosfaatmeststof. Tripelsuperfosfaat is een voorbeeld van een dergelijke meststof.

### Gebrekverschijnselen in beeld

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. P-gebrek is een eenvoudig verplaatsbaar element. Bij ernstige tekorten hiervan, zal het effect door de hele plant te zien zijn.

Herkenning P-gebrek	afbeelding
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ slecht ontwikkelde wortels</li> <li>✓ latere bloei</li> <li>✓ slechte groei</li> <li>✓ soms klein blad en paarsverkleuring</li> </ul> <p>Te veel Fosfaat : er ontstaat een gebrek van diverse sporenelementen.</p>	 





## 21. Hoofdelement kali (K) en $K_2O$ (kaliumoxide)

### Kali (K)

Belangrijk voor de sapstroom door de plant, aanmaak van suikers en stevigheid.

De belangrijkste bron van kalium is kaliumcarbonaat, een delfstof.

Samen met stikstof, fosfaat, calcium en magnesium is kalium een hoofdvoedingsstof.

Kalium is in tegenstelling tot stikstof, fosfor en zwavel geen wezenlijk onderdeel van organische stof. Wel komt kali voor in de meeste organische meststoffen.

Kalium is oppervlakkig gebonden aan organische stof en aan kleideeltjes. Zijn deze beide in een bodem in beperkte mate aanwezig, dan kan kalium snel uitspoelen. Op lichtere gronden, zoals zandgrond en lichte zavel grond, is dan ook een jaarlijks onderhoud van kali gewenst.

Kalium en magnesium zijn voor opname in de plant concurrenten van elkaar.

Te hoge gehalten aan kalium, blokkeren magnesium en omgekeerd. Het gaat dan met name om hoge opneembare gehalten.

Bij een matige beschikbaarheid van kalium is de groei beperkt. Groei na een kaliumtekort wordt in de regel niet meer ingehaald. Bij kaliumgebrek-verschijnselen is de toestand al dermate erg dat uiterlijke symptomen zichtbaar worden. Kaliumgebrek uit zich dan hoofdzakelijk in afgestorven bladranden. De meeste gewassen zijn gevoelig voor kaliumtekort.

Bij een samengestelde meststof wordt kali vaak als kaliumoxide toegevoegd.

### Gebrekverschijnselen in beeld

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel.

K-gebrek is een eenvoudig verplaatsbaar element. Bij ernstige tekorten hiervan, zal het effect door de hele plant te zien zijn.

#### Herkenning K-gebrek

geremde verdampingsstroom, waardoor:

- ✓ achterblijvende groei
- ✓ smalle bladeren
- ✓ dunne stengels
- ✓ gele bladranden
- ✓ uitval

Te hoog gehalte kali: gedrongen groei, magnesiumgebrek, afsterven.

#### afbeelding





## 22. Hoofdelement magnesium (Mg) en magnesiumoxide (MgO)

### Magnesium (Mg)

Belangrijk voor het aanmaken van bladgroen.

Magnesium komt niet in zuivere vorm in de vrije natuur voor. Er zijn afzettingen van **dolomiet en magnesiet** waarin het in grote hoeveelheden voorkomt. Het wordt het meest gewonnen uit ondergrondse zoutlagen.

Magnesium is het centrale atoom van chlorofyl ofwel bladgroen en heeft daardoor een duidelijke rol in het fotosynthese proces van de plant.

Magnesiumtekort leidt dan ook tot de snelle afbraak van bladgroen, dat aan de buitenkant zichtbaar is als bladontkleuring (= chlorose). Maar ook veel andere processen in de plant worden aangestuurd door magnesium.

Naast magnesiumtekort door een laag magnesiumgehalte in de bodem, kan magnesiumtekort ontstaan door een hoog kaliumgehalte. Magnesium wordt aan de grond gebonden door organische stof en kleidelen. Lichte zandgronden kunnen magnesium matig vasthouden. Het zijn dan ook vaak deze bodems die geregelde magnesiumbemesting vereisen. Voor gazons en sportvelden is minder magnesium noodzakelijk dan bij borders, plantsoenen en laanbomen.

Bitterzout wordt gebruikt om te voorkomen dat naaldegewassen bruine naalden krijgen. Kieseriet is een magnesiumhoudende kunstmeststof en wordt gebruikt in de tuinbouw.

### Gebrekverschijnselen in beeld

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. Mg-gebrek is een eenvoudig verplaatsbaar element. Bij ernstige tekorten hiervan, zal het effect door de hele plant te zien zijn.

#### Herkenning Mg-gebrek

- ✓ roodverkleuring van bladstelen
- ✓ vlekkelig blad
- ✓ uiteindelijk geelverkleuring tussen de nerven, bladval, groeiproblemen en afsterven.

Te hoog gehalte magnesium: onderdrukking opname andere elementen, waaronder kalium en mangaan.

#### afbeelding





## 23. Hoofdelement zwavel (S) en $\text{SO}_4$

### Zwavel (S)

Onmisbaar voor vorming van eiwitten en intern transport.

In de grond komt zwavel hoofdzakelijk voor in humusverbindingen en andere (eiwithoudende) organische materialen. Deze organisch gebonden zwavel is niet direct voor de plant beschikbaar.

Het bodemleven zorgt voor een continue aanlevering van zwavel door afbraak van organische stof. Door een teveel aan zwavel in de bodem, wordt de groei van gewassen bemoeilijkt. Een teveel aan zwavel is met veel water uit te spoelen. Hoge zwavelgehalten zullen met name in tijden van droogte sneller nadelige gevolgen met zich meebrengen.

### Gebrekverschijnselen in beeld

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. S-gebrek is een moeilijk verplaatsbaar element. Bij tekort aan deze elementen en je doet er niets aan, wordt de schade die ontstaat, onherstelbaar.

#### Herkenning S-gebrek

#### afbeelding

- ✓ egale vergeling van het blad

Dit is een tekort dat alleen op substraat voorkomt. In de grond is het een zeldzaamheid.





## 24. Hoofdelement calcium (Ca)

### Calcium (Ca)

Belangrijke neutralisator van zuren en zorg voor de waterhuishouding. Ook zorgt het voor de stevigheid van de celwand.

### Belang

Het  $\text{Ca}^{2+}$  ion is het meest voorkomende, uitwisselbare en positieve ion in de bodem. Calcium speelt niet alleen een rol als voedingselement, maar is ook zeer belangrijk als bodemverbeteraar.

In de eerste plaats is het om die reden dat bemesting met kalkmeststoffen wordt uitgevoerd.

Door het toedienen van kalkmeststoffen stijgt de pH van de bodem.

- ✓ Calcium regelt zo de zuurgraad van de grond.
- ✓ En verbetert de structuur van de bodem.

Dat is vooral van belang voor kleigronden die er minder stug door worden, maar ook voor leemgronden, die minder gaan verslepen. De hogere zuurgraad bevordert de ontwikkeling van bacteriën en actinomyceten (straalschimmels), wat leidt tot een snellere mineralisatie van de organische stof in de grond. De voedingsstoffen die er in aanwezig zijn, komen dus sneller ter beschikking voor de planten.

Te grote calciumgiften kunnen de humusvoorraad te snel doen dalen. Vooral in zandgronden is dat gevaar reëel. De bronnen voor calcium zijn de zee (schelpenkalk en algenafzettingen, bij het laatste voornamelijk zeewier) en gesteenten (o.a. kalkmergel en dolomietenkalk).

Bij de afbraak van humus komt veel koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) vrij. Dat zuur zet onoplosbare verbindingen om in plantenvoedsel.

### Bekalking

Bevordert de omzetting van ammoniumverbindingen in nitraat. Bekalking maakt dus plantenvoedsel vrij uit de grond. Indien de voedselvoorraad van de bodem niet regelmatig wordt aangevuld, is het resultaat op langere termijn een daling van het humusgehalte en een complete verarming (uitmergeling) van de grond.

Voor het bodemleven is een goede zuurgraad ook erg belangrijk.

De stikstofvastleggende bacteriën bijvoorbeeld, zijn erg gevoelig voor een lage pH. Bekalking van een zure grond bevordert dus de stikstofvastlegging door bodemorganismen. Bekalking verbetert ook de magnesiumvoorziening, door de stijgende pH en door het magnesium dat kalkmeststoffen doorgaans bevatten.

In de grond komt calcium voor als calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ). Als positief ion ( $\text{Ca}^{2+}$ ) komt het voor in de bodemplossing en hecht zich vast aan klei- en humusdeeltjes.

### Gebrekverschijnselen in beeld

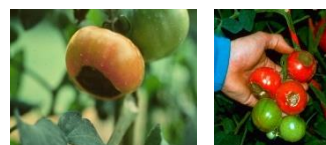
Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. Ca-gebrek is een moeilijk verplaatsbaar element. Bij tekort aan deze elementen en je doet er niets aan, wordt de schade die ontstaat, onherstelbaar.

#### Herkenning Ca-gebrek

- ✓ Afsterving van de groeipunten, beginnend bij het jongste blad
- ✓ hogere schimmelgevoeligheid.

Ca-gebrek ontstaat oa door een te lage verdampingsstroom, veroorzaakt door te hoge luchtvochtigheid.

#### afbeelding





## 25. Sporenelement ijzer (Fe)

### IJzer (Fe)

Belangrijk voor bladgroen, eiwitten en koolhydraten.

De bodem moet voor planten opneembaar ijzer bevatten. Het komt vaak voor dat ijzer vastgelegd is in de bodem.

Wanneer de grond voldoende belucht en ontwaterd is, zal het ijzergehalte op ijzerrijke gronden vrij normaal zijn en geen fosfaatfixatie veroorzaken. Het totale ijzergehalte speelt dan slechts een ondergeschikte rol. Een perceel met een zwakke kalktoestand of dat lijdt aan wateroverlast, heeft vrijwel altijd een hoger mobiel ijzergehalte.

### Concurrentie tussen sporenelementen

Een hoog ijzergehalte kan de opname van bijvoorbeeld koper negatief beïnvloeden. Een koperbemesting heeft dan beperkt zin, maatregelen om het ijzergehalte te beperken des te meer.

Een hoog mangaan-, koper- of zinkgehalte kan door concurrentie zorgen voor een lage ijzeropname in de plant. Een hoog fosfaatgehalte kan evenwel ook de opname door de plant van sporenelementen zoals ijzer blokkeren.

### IJzergebrek bij planten

Bij tekort aan ijzer, kun je dit zien aan de plant. Dit uit zich als volgt:

- ✓ het voordoen van witte verkleuringen,
- ✓ het geel worden van jonge bladeren en groeipunten
- ✓ bladrandverdrogingen
- ✓ afsterven van de draagtakken

IJzergebrek kan het eerst worden verwacht bij planten als: rododendron, azalea, heide, camelia, framboos en zwarte bes. Maar ook een cycлаam, geranium, gerbera, gloxinia, lelie, anjer, petunia, primula, roos en de jeneverbes. Druiven zijn ook gevoelig voor ijzergebrek.

### Gebrekverschijnselen in beeld

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. Fe-gebrek is een moeilijk verplaatsbaar element. Bij tekort aan deze elementen en je doet er niets aan, wordt de schade die ontstaat, onherstelbaar.

#### Herkenning Fe-gebrek

- ✓ sterke chlorose, waarbij zelfs de nerven op den duur geel worden en uiteindelijk bijna wit.

IJzergebrek is vaak een antagonistisch effect van overdoseringen van andere elementen.

#### afbeelding







## 26. Sporenelement mangaan (Mn)

### Mangaan (Mn)

Belangrijk voor de celdeling en stofwisseling. Nodig voor de vorming van chloroplasten.

Rivierkleigronden bevatten over het algemeen meer mangaan dan andere gronden. Appel, peer, kers, pruim, citrus, kleinfruit, peulvruchten, tomaten en andere gewassen zijn gevoelig voor mangaangebrek. Bij een pH boven de 6,5 tot 7,0 komt vaker mangaangebrek voor. Mangaan kan zich redelijk goed door de plant bewegen. Mangaangebrek toont zich meestal eerst in de oudere bladeren van een plant.

Ernstig mangaangebrek geeft, net als ijzer- of magnesiumgebrek, een geelgroene kleur tussen de bladnerven. Dit heet bladontkleuring oftewel chlorose. Bij een tekort aan onder andere de bovengenoemde elementen, wordt de productie van bladgroen (chlorofyl) geremd. Ook de aanmaak van caroteen (provitamine A) wordt door een tekort aan mangaan fors geremd.

### Gebrekverschijnselen in beeld

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. Mn-gebrek is een moeilijk verplaatsbaar element. Bij tekort aan deze elementen en je doet er niets aan, wordt de schade die ontstaat, onherstelbaar.

#### Herkenning Mn-gebrek

#### afbeelding

- ✓ geelverkleuring tussen de nerven met een fijne structuur.

Lijkt op magnesium gebrek.





## 27. Sporenelement koper (Cu)

### Koper (Cu)

Belangrijk voor de aanmaak van huidmondjes en activering van enzymen.

Koper is betrokken bij omzettingen van organische stof in de bodem. Behalve uit bemestingsoogpunt, is een redelijk kopergehalte dan ook gewenst voor bodemprocessen.

Een te hoog gehalte aan koper brengt schade toe aan het bodemleven en remt opname van andere (spoor)elementen. Ook kan een te hoog kopergehalte een indicatie zijn voor bredere milieuverontreiniging. In sommige gevallen is nader onderzoek gewenst.

Een hoog ijzer-, aluminium-, mangaan- en/of kalkgehalte belemmert de koperopname door de plant. Koper is belangrijk voor een gewas als: citrus, klaver, luzerne, ui, spinazie, sla, rode biet, wortel, tabak, azalea, camelia, chrysant, gerbera, anjer, rododendron.

### Gebrekverschijnselen in beeld

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. Cu-gebrek is een moeilijk verplaatsbaar element. Bij tekort aan deze elementen en je doet er niets aan, wordt de schade die ontstaat, onherstelbaar.

#### Herkenning Cu-gebrek

- ✓ Bladranden krullen naar beneden en gaan slap hangen.
- ✓ De bladkleur is sterk afwijkend van gezond gewas.

#### afbeelding





## 28. Sporenelement molybdeen (Mo)

### Molybdeen (Mo)

Belangrijk voor de opneembaarheid van voeding.

Molybdeen is een essentieel sporenelement. Zonder molybdeen kan een plant niet groeien. Het element molybdeen is betrokken bij de vorming van diverse essentiële enzymen in de plant. Deze enzymen spelen een rol bij de eiwitvorming in de plant. Verder is molybdeen nodig bij de binding van luchtstikstof door vlinderbloemige gewassen.

Molybdeen wordt bij een te lage pH slecht opneembaar voor de plant. Een teveel aan molybdeen veroorzaakt kopergebrek en leidt tot vergeling. Molybdeengebrek toont zich in de jongste bladeren. Deze bladeren blijven te klein, krullen om of verdrogen. Ook komt paarsverkleuring voor.

Voor de beoordeling van het gehalte aan molybdeen wordt verwezen naar de analyselijst. Er is een klein verschil tussen een tekort aan molybdeen en een overmaat(schade) door molybdeen. Daarom alleen bemesten met een speciale molybdeenmeststof op basis van een bodemanalyse. Bij bomen is voor zover bekend alleen voor vlinderbloemige bomen een voldoende molybdeen voorziening gewenst.

### Gebrekverschijnselen in beeld

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. Mo-gebrek is een moeilijk verplaatsbaar element. Bij tekort aan deze elementen en je doet er niets aan, wordt de schade die ontstaat, onherstelbaar.

#### Herkenning Mo-gebrek

- ✓ slechte wortelontwikkeling
- ✓ smalle bladeren op lange steel
- ✓ afsterving tussen de nerven en van de bladranden

#### afbeelding





## 29. Sporenelement borium (B)

### **Borium (B)**

Belangrijk voor de waterhuishouding in de cellen en transport.

Borium is een essentieel sporenelement voor een plant. Het speelt ook een rol bij celstevigheid en dus bij de beperking van nachtvorstschade. Borium bevordert de fosforopname door gewassen. Borium is in kleine hoeveelheden aanwezig in organische meststoffen en een aantal minerale meststoffen.

Boriumovermaat kan gewasschade opleveren, zoals bij appel, peer, kers, pruim, noten en zwarte bessen. Bij een hoge pH treedt schade door boriumovermaat minder snel op. Het boriumgehalte in de grond kan van jaar tot jaar wisselen, omdat borium met name op zandgrond vrij gemakkelijk uitspoelt. Tijdens de bloei wordt de meeste borium door het gewas opgenomen. Voor gazon en sportveld is borium als sporenelement niet zo belangrijk. Bij bieten en bloemkool kan hartrot optreden. Verder is borium belangrijk voor tomaat.

### **Gebrekverschijnselen in beeld**

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. B-gebrek is een moeilijk verplaatsbaar element. Bij tekort aan deze elementen en je doet er niets aan, wordt de schade die ontstaat, onherstelbaar.

#### **Herkenning B-gebrek**

- ✓ slechte wortelontwikkeling
- ✓ bladvervorming
- ✓ afsterving van de groeipunten beginnend bij het jongste blad

#### **afbeelding**





### 30. Sporenelement silicium (Si)

#### **Silicium (Si)**

Belangrijk als bouwsteen voor de celwanden.

Een tekort aan silicium geeft minder stevige gewassen en wordt vatbaar voor schimmels. Silicium beperkt het waterverlies in planten en vertraagt schimmelinfecties.

Oplosbaar silicium stimuleert de groei van gewassen. Deze groeiverbetering wordt in verband gebracht met de verbeterde fosfaat en molybdaat opname door planten. Ook wordt het mangaan sneller door de plant verdeeld.

Rozen, rijst, sla, riet, bamboe en komkommerachtigen blijken het meest te profiteren van een goede siliciumvoorziening. Silicium heeft normaliter een positief effect op de fosfaatopname.

Silicium wordt soms toegedicht een element te zijn waar de plant buiten kan. Toch groeien sommige gewassen onder invloed van silicium veel beter en zijn zij beter bestand tegen sommige plantenziekten. Dit komt omdat silicium voor stevige celwanden zorgt.





### 31. Sporenelement zink (Zn)

#### Zink (Zn)

Belangrijk voor de vorming van groeistoffen.

Zink (Zn) is één van de essentiële sporenelementen. Vooral fruitbomen, noten, citrus en druiven zijn afhankelijk van een goede zinkvoorziening. Asperge, erwten en grassen hebben daarentegen weinig last van zinkgebrek. Zink kan bij een hoge pH minder goed opneembaar zijn.

Humuszuren kunnen zelfs bij een hoge pH de opname van zink door de plant bevorderen. Bij een hoog gehalte aan zink treden vaak storingen op in de gewasgroei. Al bij licht verhoogde zinkgehalten vindt schade aan het bodemleven plaats.

#### Gebrekverschijnselen in beeld

Gebrekverschijnselen ontstaan, als er ongeveer 10% van een element ontbreekt in het plantenweefsel. N-gebrek is een eenvoudig verplaatsbaar element. Bij ernstige tekorten hiervan, zal het effect door de hele plant te zien zijn.

#### Herkenning Zn-gebrek

- ✓ dwerggroei met draaiende bladeren
- ✓ "stug" aanvoelend gewas
- ✓ geelverkleuring met daaropvolgend afsterving en een ijzertekort door antagonistische werking.

#### afbeelding



## Opdracht 23 Gebrekverschijnselen



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 17:  
gebrekverschijnselen

Kijk in je directe omgeving naar welke planten gebrekverschijnselen vertonen. Maak hiervan een foto.

- ✓ Benoem welke gebrekverschijnselen dit zijn.
- ✓ Geef aan hoe je deze kunt oplossen met gebruik van hoofd- en sporenelementen.

## Opdracht 24 Hoofd- en sporenelementen



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 19-31:  
hoofd- en  
sporenelementen

Calcium is een belangrijk element voor de plant en de bodem.

- ✓ Leg in je eigen woorden uit waarom.
- ✓ Geef hiervan 5 voorbeelden.

## Opdracht 25 Voedsel en voeding



1 of meer



opdracht

individueel

Leg de volgende zaken uit:

- ✓ Hoe bepalen we de voedingsbehoefte van een plant?
- ✓ Hoe wordt voedsel opgenomen door de plant? Verduidelijk het met een tekening.
- ✓ Geef aan hoe voedingsstoffen gebufferd kunnen worden in de grond.







## 32. Groen water in de stad

### Kansen voor groen en water

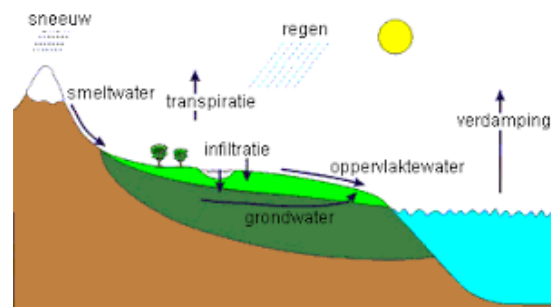
Stedelijke herinrichting en gebiedsontwikkeling kan anno 2014 niet meer zonder een duidelijke en robuuste rol van groen en water. Vanwege de woon –en leefkwaliteit en de klimaatadaptatie is dit noodzakelijk. Al in een vroeg stadium van stedelijke projecten moet daarom de rol van groen en water worden vastgelegd.

### Water weetjes

Water (H<sub>2</sub>O) is de chemische verbinding van twee waterstofatomen en een zuurstofatoom. Water komt in de natuur voor in de drie verschillende hoofdfasen:

- ✓ als vaste stof
- ✓ als vloeistof
- ✓ als gas

Bij kamertemperatuur is water een vloeistof zonder specifieke kleur en geur. Al het leven op aarde bestaat grotendeels uit water en is afhankelijk van water. Water bedekt 71% van het aardoppervlak.



Op aarde bestaat er een waterkringloop waarbij zeewater verdampt, in de atmosfeer condenseert en als neerslag weer terugvalt. Waarna rivieren en grondwater het weer terugvoeren naar de zee.

Zeewater wordt ook wel **zout water** genoemd, omdat er vele zouten in opgelost zijn. Bij het verdampen van zeewater blijven de zouten achter in zee, waardoor neerslag geen zout bevat. Dit noemt men **zoet water**. De overgang tussen zoet water en zout water, de **tijnaad**, is niet altijd even duidelijk (bijvoorbeeld in rivieren met getijden), deze mengeling van zoet en zout water noemt men **brak water**.

Op de aarde komt ongeveer 1.400.000.000 km<sup>3</sup> water voor.

Hiervan bevindt 97% zich als zout water in oceanen en zeeën. De rest is onderverdeeld in zoet en zout grondwater (23.300.000 km<sup>3</sup>), ijs (24.000.000 km<sup>3</sup>), oppervlaktewater (meren en rivieren, 190.000 km<sup>3</sup>) en waterdamp in de atmosfeer (14.000 km<sup>3</sup>). De verhoudingen variëren enigszins door verschillende factoren, waaronder het klimaat.

### Klimaatverandering

Dit kan in stedelijk gebied tot onder andere extreme hitte en overmatige neerslag leiden. Meer groen draagt in perioden van extreme hitte bij aan minder hitteoverlast in steden. Voldoende waterbergend vermogen van de bodem zorgt bij extreme hoeveelheden neerslag voor minder wateroverlast. Gemeenten doen er daarom goed aan maatregelen te nemen waarmee de stad klimaatbestendig wordt gemaakt. Ook burgers kunnen hieraan bijdragen. Beide partijen moeten zich realiseren dat nu investeren in klimaatbestendigheid in de toekomst rendeert. Dat blijkt uit onderzoek van het RIVM, uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M).



Gemeenten zouden met maatregelen voor meer openbaar groen en waterbergend vermogen moeten aanhaken bij beleidsterreinen als infrastructuur, volksgezondheid, veiligheid en duurzaamheid. Een voorbeeld van meer openbaar groen is een groene infrastructuur, zoals parken en plantsoenen.

Een bijkomstigheid van openbaar groen is de onafgedekte bodem, o wel niet bedekt door wegen, gebouwen, enzovoort. Hierdoor wordt de capaciteit van de bodem om water te infiltreren vergroot. Voor een optimale waterberging kan de gemeente bijvoorbeeld wadi's aanleggen, die ervoor zorgen dat het riool minder wordt belast bij overmatige neerslag.

Een wadi is een veelal begroeide verlaging van het maaiveld. Bij hevige regenval komt de wadi onder water te staan, doordat hemelwater via de daken van omliggende gebouwen naar de wadi wordt afgevoerd.

Particulieren kunnen 'groene daken' aanleggen, of (gevel)tuintjes, waarvan de bodem niet bedekt is. Daarnaast kan de hemelwaterafvoer afgekoppeld kunnen worden van het riool. Subsidies voor particuliere initiatieven op dit gebied zijn hiervoor een extra stimulans.

### Waar gaat het om?

De berging van regenwater door vegetatie en bodem zorgt voor demping van de pieken en dalen in de waterafvoer van stroomgebieden. Zo worden enerzijds overstromingen en waterschade voorkomen, en anderzijds continue watervoorziening zeker gesteld.

### Water in het ecosysteem

Neervallend regenwater vloeit over het landoppervlak af of zakt in de bodem. Hoe sponziger de bodem, hoe meer regenwater blijft hangen tussen de bodemdeeltjes. Dit zakt geleidelijk uit naar het grondwater. Van daar vindt het water zijn weg naar bronnen, beken en rivieren.

Vegetatie remt de directe afstroom van het water en beschermt de bodem tegen harde neerslag, uitdroging en erosie.

Plantenresten, bodemdieren en humus zorgen ervoor dat water in de bodem wordt vastgehouden en bevorderen zo de sponswerking. Hoe beter deze sponswerking bovenstrooms, hoe meer water daar wordt vastgehouden en hoe geleidelijker het benedenstrooms beschikbaar komt. De aard van het waterbergende ecosysteem (bijvoorbeeld bos, grasland en akkerland) en het beheer ervan, is sterk bepalend voor de kwaliteit van de waterberging.

Zonder de natuurlijke demping van piekafvoeren door bovenstroomse ecosystemen, zouden veel deltagebieden – waaronder Nederland – regelmatig schade oplopen of zelfs onbewoonbaar worden door overstromingen.

Voor een incidentele hoogwatergolf in de grote rivieren, dient Nederland een overloopgebied van 35.000 hectare te reserveren. De kosten (1,7 miljard euro) waren mogelijk lager uitgevallen bij meer natuurlijke waterberging bovenstrooms. Geschat wordt dat door bovenstroomse berging de berekende hoogwatergolf bij Maastricht verlaagd kan worden van 3000 naar 2500 m<sup>3</sup> per seconde.

Naar aanleiding van de wateroverlast in de stad Groningen in 1998 is de bergingscapaciteit in het stroomgebied van de Drentsche Aa vergroot. De meandering van de beek is hersteld, gebieden zijn ingericht voor noodoverloop en bovenstroomse wateropvang wordt uitgebreid. Dit herinrichtingsplan begunstigt tegelijkertijd de natuurontwikkeling en de grondwatervoorraad.

In natte en vochtige ecosystemen speelt grondwater een belangrijke rol.

De natte ecosystemen in Nederland herbergen veel zeldzame planten- en diersoorten die typisch zijn voor de Nederlandse delta zoals blauwe knoop, kievitbloem en verschillende orchideeën.



Afbeelding bos als waterbergend ecosysteem



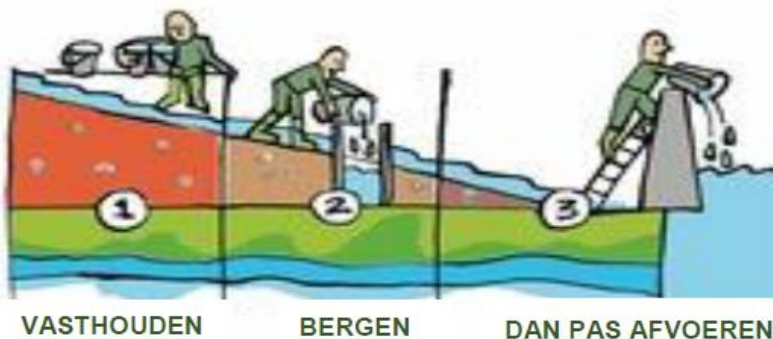
### Wat werkt en wat werkt niet?

Wereldwijd is het kappen van bossen en het ontginnen van marginale gronden voor de landbouw een bedreiging voor de natuurlijke waterberging. Deze ingrepen leiden tot bodemdegradatie: complexe processen van bodemerosie, afname van het bodemorganische stofgehalte en bodemverdichting, waardoor de waterbergingscapaciteit vermindert.



Dit leidt tot hogere en frequentere piekafvoeren en daardoor soms tot overstromingen. In Nederland vormt intensieve drainage, uitbreiding van het verharde oppervlakte en bebouwing van uiterwaarden een bedreiging.

### Wat kunnen we doen?



Dit geldt zowel voor natuur- en landbouwgebieden als voor stedelijk gebied. ‘

#### Vasthouden' (natuurlijke berging)

Kan worden gedaan door:

- ✓ de drainage van landbouwgronden te vertragen
- ✓ door regenwater zoveel mogelijk te laten infiltreren in de bodem
- ✓ door vermindering van verhard grondoppervlak
- ✓ toepassen van poreuze bodemafdekking
- ✓ en de regenwaterafvoer af te koppelen van het riool

#### (Civieltechnisch) bergen

Kan worden gedaan door:

- ✓ het opslaan van regenwater in stadsvijvers of grachten
- ✓ het wegnemen van belemmeringen in overloopgebieden zoals bebouwing in de uiterwaarden. Al sinds de hoogwaterproblematiek in 1993 en 1995 is er actief beleid gevoerd om dergelijke bebouwing tegen te gaan. Voor de waterberging dient dit beleid te worden gecontinueerd.

#### Afvoeren

- ✓ via regenwater riolering of drainage naar sloten
- ✓ overpompen van lage gebieden naar sloten
- ✓ via de sloten, vaarten en kanalen naar de zee



## Opdracht 26 Water op de kaart



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 32: groen water in de stad

Geef op de volgende vragen jouw mening en onderbouwing:

- ✓ Is het nuttig om de watersamenstelling en de kwaliteit hiervan te kennen en/of dit in kaart te brengen.

## Opdracht 27 Klimaatverandering



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 32: groen water in de stad

Geef op de volgende vragen een antwoord:

- ✓ Klimaatverandering laat diverse sporen achter. Welke gevolgen signaleer jij?
- ✓ Geef aan wat jij in je eigen omgeving aan wateroverlast waarneemt. Leg dit vast op beeldmateriaal.

## Opdracht 28 Ecosysteem



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Teken een ecosysteem met water als belangrijk element.

## Opdracht 29 Tentoonstelling



1 of meer



tool



opdracht

met elkaar als groep

Denk aan bakken, grond, planten etc.

Verzamel met elkaar materiaal om de termen: waterberging en uitspoeling zichtbaar te maken. Maak hiervan een kleine tentoonstelling.





### 33. Ontwateringssystemen

#### **Drainage = ontwatering**

Is het afvoeren van water uit de bodem over en door de grond, met als gevolg het verlagen van het grondwaterpeil.

#### **Verticale drainage (zandpalen)**

Dmv het boren van een diep gat en deze op te vullen met goed waterdoorlatend zand, om zo het grondwater versneld te laten verdwijnen en het inklinkproces te bespoedigen.

#### **Horizontale drainage**

Dmv van een ondergronds buizenstelsel het overtollige grondwater afvoeren naar sloten.

Een van de meest gebruikte methoden die ter beschikking staan om een goede ontwatering te verkrijgen is de drainage. Drainage kan worden onderscheiden in verticale drainage en in horizontale drainage (zowel ondiepe als diepe).

Op deze 2 termen gaan we nu dieper in.

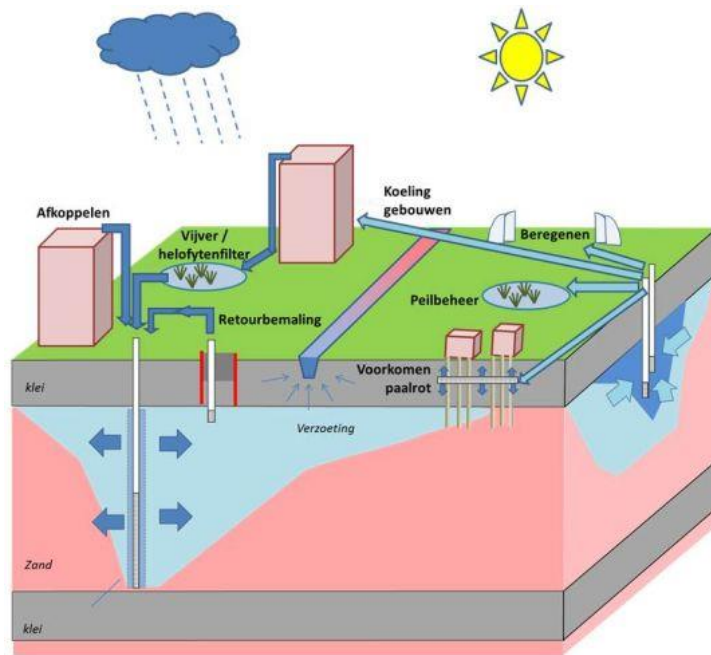
#### **Verticale drainage**

in Nederland zal dit meestal in de vorm van zandpalen zijn. Het kan zeer effectief zijn, mits de geohydrologische situatie hiervoor geschikt is.

De geohydrologische situatie is geschikt als het grondwaterpotentieel in het watervoerende pakket voldoende ver beneden maaiveld ligt en bovendien de doorlatendheid van deze laag zodanig is dat de drainerende werking van de zandpaal verzekerd is. De ondereinden van de zandpalen moeten reiken tot in deze watervoerende laag.

#### **Voordelen**

- ✓ Tijdens de bouw treden geen verstoring van het systeem op. Dit voordeel is zo groot, dat verticale drainage in de gevallen dat de geohydrologische situatie hiervoor geschikt is, vrijwel altijd de aangewezen methode zal zijn.
- ✓ Zandpalen worden ook vaak gebruikt om zettingen van samendrukbare lagen (veen, slappe klei) te versnellen.



### Horizontale drainage

Blijkt een effectief middel tot beheersing van de grondwaterstand te zijn. De drains voeren meestal af op het open water in de stad. Slechts in uitzonderingsgevallen wordt geloosd op het rioleringsstelsel. Om aan de ontwateringseis te voldoen, moeten de drains op een bepaalde afstand en diepte gelegd worden en over een bepaalde afvoercapaciteit beschikken. Daar ondiepe drainage een kwetsbaar systeem is, dient toepassing hiervan indien mogelijk te worden vermeden.

De voordelen van diepe drainage zijn de volgende:

- ✓ De drainreeksen komen op een diepte te liggen waarop zij onder fundamenteën (behoudens palen), kabels, leidingen, en het merendeel van de riolen e.d. doorgaan. Het systeem kan hierdoor eenvoudig blijven en de kans op verstoring is kleiner dan bij een ondiep drainagesysteem.
- ✓ In gebieden met sterk ijzerhoudend grondwater is het feit, dat de drains onder de grondwaterspiegel liggen van groot belang. Vanwege het doorlopend reducerend milieu treedt nauwelijks oxydatie en uitvlokking van ijzerverbindingen in de drains op. Verstoppingen door deze verbindingen komen dan ook veel minder voor.
- ✓ Een groot gedeelte van de riolen zal bij diepe drainage boven draandiepte liggen. Dit geeft de mogelijkheid de rioolsleuven zonder aparte bronnering in den droge aan te leggen.
- ✓ Het diepe drainagesysteem kan zonder bezwaar aangelegd worden voor de bouw. Het bouwen kan zodoende op een goed ontwaterd terrein plaatsvinden. Dit werkt kostenbesparend.

### Dimensionering horizontale drainagesysteem

De dimensionering van een drainagesysteem is een iteratief proces van debietberekening: berekening van de diameter, bepaling drainafstand, diepteligging en verhang van de drainagebuis.

Het afvoerdebiet per drainagebuis wordt bepaald door de volgende geohydrologische kenmerken:

- ✓ maximale grondwaterstand (m.b.t. de opbolling)
- ✓ gewenst ontwateringsniveau
- ✓ doorlatenbaarheid van het te ontwateren pakket
- ✓ drainafstand
- ✓ kwel
- ✓ neerslag

Er bestaan twee categorieën van drainageberekeningen:

- 1) Stationaire rekenmethode
- 2) Niet-stationaire rekenmethode

#### Stationaire drainage-rekenmethode

De formule van Hooghoudt gaat uit van een stationaire stroming, dus van een constante grondwaterstand en een constante afvoer. Hiermee worden in de meeste gevallen voldoende nauwkeurige resultaten bereikt.

Over het algemeen wordt in Nederland de formule van Hooghoudt voor deze afstands berekening toegepast. Stationaire rekenmethodes geven geen uitsluitsel over frequentie waarmee bepaalde grondwaterstanden worden bereikt.

#### Niet-stationaire drainage-rekenmethode

Met behulp van niet-stationaire rekenmethodes voor het ontwerpen van drainagestelsels, kan men een uitspraak doen over frequenties waarmee bepaalde grondwaterstanden worden bereikt of overschreden. Wordt uitgegaan van een niet-stationaire stroming, dan wordt bovendien een eis gesteld aan het aantal malen dat de grondwaterstand de norm mag overschrijden. In de regel wordt voor stedelijke gebieden een overschrijding van de norm van eenmaal per jaar toegestaan. Met niet-stationaire stromingsvergelijkingen, is het mogelijk om voor elk vooraf gekozen neerslagpatroon grondwaterstanden en afvoeren te berekenen.





### Opdracht 30 Ecosysteem en water



1 of meer



opdracht

individueel

Beantwoord de volgende vragen:

- ✓ Hoe passen planten en dieren zich aan, aan natte- en droge omstandigheden?
- ✓ Wat zijn de gevolgen van schommelende grondwaterstanden op planten en hun wortels?

### Opdracht 31 Lijst planten en dieren



1 of meer



opdracht

individueel

Stel een lijst samen van 10 soorten planten en 10 soorten dieren welke leven in zowel natte- als droge omstandigheden.







## 34. Waterberging en -hergebruik

### **Waterberging**

Bij extreme regenval tijdelijke opvang door de bodem en vegetatie.

### **Wadi**

Is een systeem voor afvoer en opvang van hemelwater en plaatselijke opslagcapaciteit van de bodem.

### **Wet nieuw Bouwbesluit (2012)**

opgenomen: verplichting elke grondeigenaar het regenwater op het eigen perceel moet verwerken. Geen gronden voor ontheffing van deze plicht opgenomen.

### **Waterberging**

Is het tijdelijk opvangen van extreme regenval door de bodem en vegetatie.

De vegetatie zorgt ervoor dat neerslag minder hard op de bodem terechtkomt en vermindert en/of vertraagt het wegspoelen van het water. Op deze manier wordt erosie en uitdroging voorkomen. Het opgevangen water wordt geleidelijk weer losgelaten tijdens bijvoorbeeld droogte of wordt afgevoerd naar grond- of oppervlaktewater bij langdurige regenval.

Het bodemleven (bijvoorbeeld door de gangen die wormen maken), organisch stof en plantenresten zorgen ervoor dat het water beter wordt vastgehouden in de bodem. Het water kan bij opslag ervan ook worden hergebruikt voor toilet of andere doeleinden.

### **Wadi**

Wadi is het Arabische woord voor "dal, seisoenale rivierbedding"

Een wadi is een rivier in droge gebieden die het grootste deel van het jaar droog staat, maar tijdens de natte periode veel water te verwerken krijgt.

Anders gezegd het is een infiltratiesysteem voor afvoer en opvang van hemelwater waarbij plaatselijk gebruik wordt gemaakt van de opslagcapaciteit van de bodem.

De wadi ligt altijd in het bewoonde gebied waar de opvang van hemelwater gewenst is bij langdurige hevige regenbuien. Vaak wordt de grond onder de greppel van de wadi met een grindkoffer of grof zandig uitgevoerd (percolatiekoffer), waardoor het regenwater naar die laag kan wegzijgen (geïnfiltreerd wordt in die laag) en de opslagcapaciteit toeneemt.

Eventueel kan de wadi nog voorzien worden van drainage, waardoor een teveel aan water toch afgevoerd wordt naar een ander gebied, het riool of een overstort. De doorlatendheid van de ondergrond is dus belangrijk. Vooral bij een zeer hoge grondwaterstand zijn (extra) drainages nodig.

Verder dient er natuurlijk voldoende ruimte beschikbaar te zijn om een wadi aan te kunnen leggen. Een wadi kan uiteraard vooral goed functioneren wanneer de grondwaterstand onder het infiltratiebed ligt.

Een wadi kan uitgroeien tot een miniatuur ecosysteem.



### Afkoppelen

In de stad is veel verhard oppervlak, zoals daken en straten, dat is aangesloten op het riool. Ook de regen die op het dak van uw woning of schuur valt, loopt nu vaak via de regenpijp naar de riolering. Schoon water hoort niet in het riool. Regenwater is meestal behoorlijk schoon. Je kunt het daarom afkoppelen van het riool.

### De voordelen

Voordelen voor het ontkoppelen van het riool zijn:

- ✓ We ontlasten het riool. Er stort bij heftige regenval geen vuil rioolwater meer over naar het oppervlaktewater.
- ✓ De zuiveringsinstallatie wordt minder en gelijkmatiger belast.
- ✓ Het grondwater wordt op natuurlijke wijze aangevuld.
- ✓ Regenwater zakt de grond in en het duurt veel langer voor het bij de rivier komt, waardoor hoogwater wordt beperkt.

### Hoe koppel ik af?

Of je kunt afkoppelen bij een huis, hangt van een paar dingen af:

- ✓ Welk type riolering er in de straat ligt
- ✓ Keuze of water op eigen terrein geborgen moet worden
- ✓ Waar staat de woning (hoog of laag, grondsoort)
- ✓ Hoe groot uw tuin is

Je kunt de regenpijp aansluiten op een infiltratievoorziening of het water in de tuin laten stromen, zodat het in de bodem kan zakken. Ook kan het regenwater opgevangen worden voor gebruik, bijvoorbeeld in een regenton.

### Nota afkoppelen en infiltreren

Op 1 april 2012 is het nieuwe Bouwbesluit in werking getreden. Hierin is de verplichting opgenomen dat elke grondeigenaar het regenwater op het eigen perceel moet verwerken. In het bouwbesluit zijn geen gronden voor ontheffing van deze plicht opgenomen.

In de nieuwe nota 'Afkoppelen en infiltreren hemelwaterafvoer' is een referentiesysteem geformuleerd ten behoeve van het toetsen van infiltratievoorzieningen aan de functionele eisen van het Bouwbesluit. Als een infiltratievoorziening voldoet aan de (technische) randvoorwaarden van het referentiesysteem, gaat de gemeente er vanuit dat het betreffende infiltratievoorziening ook voldoet aan de functionele eisen van het Bouwbesluit 2012.

Als een infiltratievoorziening NIET voldoet aan het referentiesysteem, dan moet de perceeleigenaar op grond van het Bouwbesluit 2012 aantonen dat de voorziening toch voldoet aan de functionele eisen. In de nota is beschreven hoe de eigenaar dat dan moet doen.

Het gebruik van het referentiesysteem is dus geen verplichting, maar een handreiking voor de bouwende partij, om eenvoudig aan te kunnen tonen dat voldaan wordt aan functionele eisen van het Bouwbesluit 2012.

In een grondwaterbeschermingsgebied mag u regenwater alleen bovengronds infiltreren.



### Levert afkoppelen ook wat op?

Enig idee hoeveel water wel of niet afkoppelen kan schelen? Als we niet afkoppelen, verdwijnt het overgrote deel van het regenwater wat jaarlijks valt in het riool. Dat is 4.500.000 m<sup>3</sup>. Dat is even veel als 120.000 mensen jaarlijks aan drinkwater gebruiken!

Stel dat je jouw dak van 50 m<sup>2</sup> afkoppelt. Dan breng je jaarlijks bijna 35.000 liter water (175 regentonnen) in de bodem.

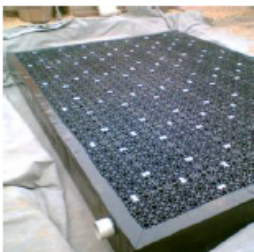
### Waterberging mogelijkheden

Waterberging, natuurlijke voorzieningen zoals eerder genoemde wadi's, maar ook is er een razendsnelle ontwikkeling van geavanceerde wateropvang/berging systemen. Ons water dient zo efficiënt mogelijk te worden hergebruikt met zoveel mogelijk behoud van kwaliteit. Natuurlijk kan de opslag ook gebruikt worden voor bomen en ander stadsgroen van water te voorzien in drogere perioden.

### Voorbeelden van waterbergingsmogelijkheden



Afbeelding: wateropvangsysteem in kleinere tuin voor bijvoorbeeld hergebruik tbv een toilet.



Afbeelding: waterbergingsysteem voor onder sportvelden.

Het systeem beschikt over ca. 90% aan holle ruimte en komt hiermee tegemoet aan de steeds meer toenemende behoefte aan waterberging.



Afbeelding: waterreservoir onder de parkeergarage.

Het opgevangen regenwater, wordt weggepompt wanneer het riool weer leeg genoeg is om het te verwerken.



## Opdracht 32 Regenbuien



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Paragraaf 34:  
waterberging en  
-hergebruik

Geef jouw mening onderbouwt met argumenten:  
✓ Hoe kunnen wij ons aanpassen aan de veranderende  
waterstanden en hevige regenbuien?

## Opdracht 33 Als elke druppel telt



1 of meer



tool



opdracht

individueel

Site  
[www.rainproof.nl](http://www.rainproof.nl)

Bekijk de site van Rainproof.  
Maak op eigen wijze een overzichtelijke, beeldende  
samenvatting van de inhoud van deze site.

