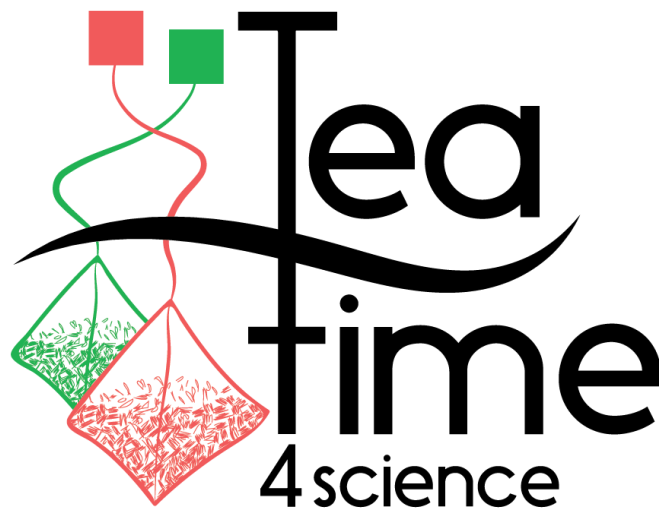


Lerarenhandleiding Teatime4science

Instructies & Achtergrond materiaal



Teatime4science

WELKOM!



Judith Sarneel

Onderzoeker bij de Universiteit van Utrecht en Universiteit van Umeå.



Iris van Hamersveld

Projectmedewerker bij de Universiteit van Utrecht.

Het teatime4science experiment is bedacht door Judith Sarneel van de Universiteit Umeå in Zweden. Vorig jaar is het project met succes uitgevoerd met behulp van 250 Zweedse scholen die met veel plezier en enthousiasme thee hebben ingegraven en opgegraven.

Dit jaar is het de beurt aan alle Nederlandse scholen! Zo'n 80 scholen verspreid over heel Nederland en nog een twintigtal andere scholen in Engeland, België en Duitsland zullen deze zomer meewerken aan dit wereldwijde onderzoek.

In deze handleiding staat precies beschreven hoe je het experiment moet uitvoeren. Daarnaast bevat het mogelijkheden tot uitbreiding en een paar lesideeën.

Het experiment wordt uitgevoerd door samenwerking van de universiteit van Umeå en de universiteit van Utrecht. In Maart 2017 zal je door hen op de hoogte gebracht worden van de resultaten van het onderzoek.

Veel plezier!

Meld je aan bij de facebook groep van het experiment

<https://www.facebook.com/groups/teatime4science.nl/>

Hier kun je de laatste updates vinden en ook je resultaten en belevenissen delen met andere scholen!

Auteurs:

Tekst: Judith Sarneel (Universiteit van Utrecht en Umeå University), Iris van Hamersveld (Universiteit van Utrecht), Emilie Fredriksson (Umeå University) en Fredrik Brounéus (Vetenskap & Allmänhet)

Illustraties: Lotta Tomasson (Vetenskap & Allmänhet)

Met dank aan: Eva Domingo Gómez, Elisabet Carlborg

Inhoud

In vogelvlucht.....	4
Achtergrond	5
Hoe werkt afbraak?	5
Afbraak en klimaatverandering	6
Onderzoek naar de afbraak.....	7
Wist je dat?	8
Het experiment.....	9
Praktische aanwijzingen.....	9
Materialen	9
Methode.....	10
Vorbereiding (week 22-23)	11
De voorbereidingen in de klas:	11
Het ingraven	12
Geografische ligging	14
Opgraven (week 35-36)	15
Bodemmonsters	15
In de klas	15
Belangrijke punten!.....	16
Uitbreidingsmogelijkheden	17
Lesideeën voor basisscholen	17
Lesideeën voor middelbare scholen	17
Referenties	18
Voor meer informatie	19



In vogelvlucht

Afbraak van plantendelen, "organisch materiaal", is een belangrijk proces voor het leven op aarde. Afbraak vindt plaats wanneer kleine beestjes zoals insecten, schimmels en bacteriën in de bodem het organische materiaal omzetten in voedingsstoffen, bodem en (koolstof) gasen.

Een van de gasen die vrijkomt tijdens afbraak is koolstofdioxide. De hoeveelheid koolstofdioxide gas in de lucht speelt een erg belangrijke rol in de temperatuurhuishouding van de aarde. We noemen koolstofdioxide daarom ook wel een broeikasgas. Meer broeikasgas zorgt voor opwarming van de aarde. In de afgelopen eeuw hebben menselijke activiteiten gezorgd voor een grote toename van kooldioxide. Daardoor is de aarde steeds sneller opgewarmd. De temperatuurstijging heeft op zijn beurt weer invloed op het afbraakproces in de bodem. Het is daarom belangrijk om meer te weten over deze wisselwerking.

In het theezakjesexperiment gebruiken de leerlingen een eenvoudige praktische methode om de hoeveelheid afbraak te meten. Heel simpel: ze zullen theezakjes begraven en na ongeveer drie maanden weer opgraven.

In het experiment krijgt de helft van de theezakjes een speciale behandeling. Over deze zakjes wordt een plastic cilinder gezet. Dit zal werken als een mini-broeikas die ervoor zorgt dat de temperatuur van de grond stijgt. De leerlingen zullen hierdoor dus kunnen onderzoeken wat de invloed van klimaatverandering kan zijn op de afbraaksnelheid van plant materiaal.

Met het gewichtsverschil van het theezakje vóór het ingraven en ná het opgraven wordt de afbraaksnelheid van de bodem berekend. De onderzoekers gebruiken de gewichtsverschillen om de zogenaamde **Tea Bag Index** te berekenen.

In het teatime4science onderzoek werken de leerlingen dus mee aan een echt wereldwijd onderzoek en leren ze ondertussen:

- Dat biologische activiteit in de bodem ervoor zorgt dat plantenmateriaal wordt omgezet tot koolstof en andere voedingsstoffen.
- Dat de afbraak afhankelijk is van bepaalde omgevingsfactoren zoals luchtvochtigheid en temperatuur.
- Dat afbraak een belangrijk proces is wat het klimaat beïnvloed.
- Hoe wetenschappelijk onderzoek wordt gedaan.

Achtergrond

Hoe werkt afbraak?

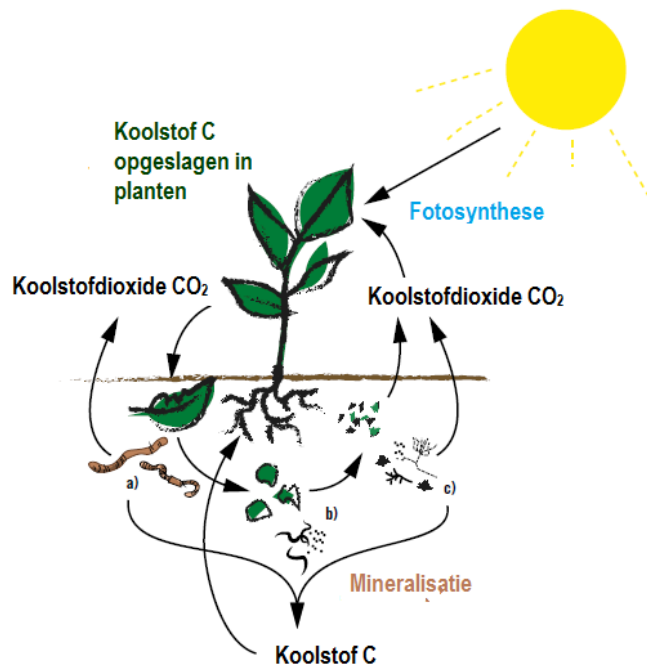
Een blad valt van een boom op de grond en wordt vervolgens omgezet tot bodem. De bodem voedt de boom, die daardoor weer nieuwe bladeren kan vormen. Afbraak van plantendelen ofwel "organisch materiaal" is dan ook een essentieel proces voor het leven op onze planeet. Afbraak vindt plaats door een groep beestjes (organismen) die we "reducenten" noemen – dit zijn onder andere kleine torretjes, wormpjes, schimmels en bacteriën in de bodem. Het organisch materiaal is hun voedsel. Er is veel leven in de bodem: Onder een oppervlak zo groot als een schoenzool (maat 35), zitten ongeveer 50.000 rondwormen, 9500 mijten en 750 springstaarten die voortdurend bezig zijn met de afbraak van plantendelen (Ottosson en Widlund, 2004).

Wanneer plantmateriaal wordt afgebroken verminderd het gewicht en wordt er gelijktijdig het gas koolstofdioxide (CO_2) afgegeven aan de atmosfeer. Tijdens de afbraak komen ook voedingsstoffen vrij die door planten en andere kleine beestjes gebruikt kunnen worden om te groeien en bloeien.

De bijdrage van reducenten aan de afbraak in de bodem hangt af van verschillende omgevingsfactoren. Dit komt omdat de activiteit van veel reducenten bepaald wordt door klimaat. Daardoor gaat bijvoorbeeld de afbraak langzamer in koudere klimaten dan in warmere klimaten. Dit betekent dat er minder koolstofdioxide (CO_2) wordt afgegeven aan de lucht en er meer wordt opgeslagen in de bodem.

De afbraaksnelheid is afhankelijk van:

1. **Milieufactoren** (vochtigheid, zuurgraad bodem, hoeveel voedingsstoffen er in de bodem zitten en temperatuur. Deze factoren beïnvloeden de activiteit van reducenten; hoe actief ze zijn en hoeveel voedsel ze nodig hebben voor de afbraak.
2. **De chemische eigenschappen van het materiaal dat wordt afgebroken** (vergelijk bijvoorbeeld een tak met een bloem). Dit komt omdat micro-organismen een voorkeur hebben voor bepaalde materialen/stoffen. Net als wij houden de reducenten meer van suikers dan van vezels die voorkomen in hardere materialen zoals hout.
3. **De samenstelling van reducenten die aanwezig zijn op een bepaalde plek.** Mijten, wormen, schimmels en bacteriën breken plantmateriaal namelijk allemaal op een andere manier, en met een andere snelheid af.

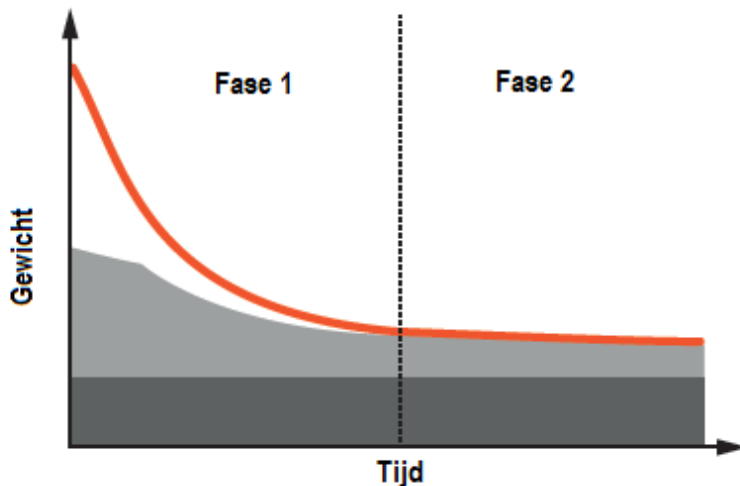


Tijdens de fotosynthese nemen planten koolstofdioxide uit de atmosfeer op en slaan ze deze koolstof op in de vorm van organisch materiaal. Wanneer planten en andere organische materialen afgebroken worden, wordt er koolstofdioxide afgegeven aan de atmosfeer. Organische stoffen die niet worden afgebroken worden als koolstof opgeslagen in de bodem. De pijlen geven de koolstofcyclus weer. Een ander woord voor het afbraakproces en het vrijkomen van voedingsstoffen daarbij is mineralisatie.

Voorbeelden van reducenten:

- a) Dieren, zoals kevers en aardwormen
- b) Rondwormen en eencellige dieren
- c) Bacteriën en schimmels

Figuur 1: Afbraak van een blad



- Rode lijn geeft de afbraak weer
- De kleuren onder de lijn geven de samenstelling van het materiaal weer. Wit zijn suikers en andere makkelijk afbreekbare materialen. Grijs geeft de materialen weer die moeilijker zijn af te breken. Het donkere grijs is het echt moeilijk afbreekbare materiaal wat nauwelijks verdwijnt, meestal lignine.

Figuur 2: Gewicht van organisch materiaal tijdens de twee fasen van het afbraakproces.

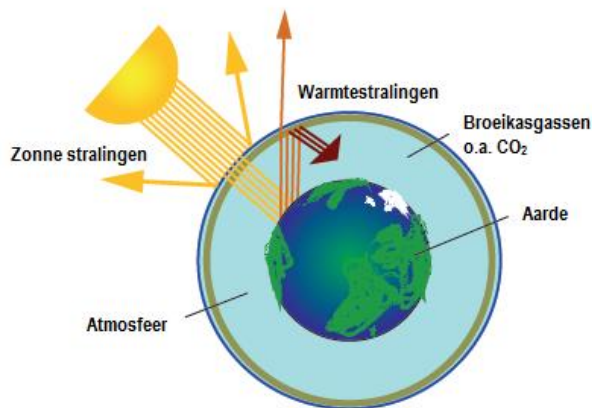
Alle organische stoffen zijn samengesteld uit mengsels van materialen. Sommige zijn makkelijk afbreekbaar (zoals suikers) terwijl andere materialen moeilijker afbreekbaar zijn (zoals hout/lignine). Eerst zullen reducers snel het makkelijke materiaal afbreken, en daarna beginnen ze pas aan de afbraak van het moeilijkere materiaal. Dit zorgt ervoor dat afbraak plaatsvindt in twee fasen (zie figuur 2).

In fase 1 worden de makkelijk afbreekbare materialen afgebroken. Daarom is in deze fase de afbraaksnelheid hoog. Tijdens dit proces wordt een gedeelte van het makkelijk afbreekbare materiaal veranderd in moeilijker afbreekbaar materiaal, dit staat noemen we het stabiliseren van het materiaal.

In fase 2 blijven alleen de moeilijk afbreekbare materialen over en hierdoor is de afbraaksnelheid zeer traag. Het moeilijk afbreekbare materiaal is meestal wat er overblijft en wat de bodem vormt.

Hoe snel deze twee fasen verlopen hangt af van de drie hierboven genoemde factoren (milieufactoren, chemische eigenschappen van het materiaal en de samenstelling van de reducers).

Wanneer onderzoekers de afbraak van plantmateriaal bestuderen noemen ze de afbraaksnelheid meestal k . De waarde van k varieert zo tussen 0.01 en 0.04. De laagste cijfers voor een koude klimaten en de hoogste cijfers voor warmere klimaten. Een andere constante is S wat staat voor de stabilisatie-factor. Dit geeft aan welk deel van het makkelijk afbreekbare planten materiaal zal stabiliseren (wat er dus niet wordt afgebroken). Deze waarde ligt meestal tussen 0.05 en 0.6, waarbij lagere getallen op minder stabilisatie en dus meer afbraak duiden. Hoe warmer en vochtiger de plek is, des te lager zal de stabilisatie zijn.



Figuur 3: Een schema van het broeikaseffect

Afbraak en klimaatverandering

Honderd jaar geleden zat er slechts 0.03 procent koolstofdioxide (CO_2) in de atmosfeer. Vandaag de dag is de hoeveelheid koolstofdioxide gas gestegen tot ongeveer 0.04 procent. Alhoewel dit weinig lijkt, is dit is een zeer grote verhoging. Koolstofdioxide is een zogenaamd broeikasgas, dit komt doordat het gas invloed heeft op de terugkaatsing van de warmtestralen van de aarde (figuur 3). Als er veel koolstofdioxide gas in de lucht zit, blijft de zonnestraling, en daarmee de warmte, meer in de atmosfeer gevangen. Alsof er een dikkere deken om de aarde is komen te zitten. Op deze manier stijgt de temperatuur en dit wordt het "broeikaseffect" genoemd.

In de afgelopen eeuw heeft menselijk gebruik van fossiele brandstoffen (zoals olie en kolen) bijgedragen aan sterke stijging van koolstofdioxide. Nu beginnen we ons zorgen te maken over de daardoor veroorzaakte opwarming van de aarde, omdat dit een potentieel gevaar kan zijn voor het voortbestaan van de mens op aarde.

Er zijn ook processen die koolstofdioxide uit de lucht verminderen. Zo kan een gedeelte oplossen in de oceaan (een gas kan ook 'opgelost zijn' denk maar aan de prik in frisdrank), en kunnen planten koolstofdioxide opnemen tijdens de fotosynthese¹. De hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer is dus het gevolg van de balans tussen opname door planten en het vrijkomen tijdens de afbraak (en verbranding). Veranderingen in de afbraaksnelheid kunnen daardoor invloed hebben op het klimaat (snellere afbraak => meer koolstofdioxide in de atmosfeer => warmer klimaat, terwijl een langzamere afbraak => minder koolstofdioxide => kouder klimaat). Aan de andere kant moet je wel bedenken dat ook veranderingen in de groei van planten een effect hebben op de hoeveelheid koolstofdioxide in de lucht.

Aangezien er een grote hoeveelheid koolstof in de bodem is opgeslagen (2700 miljard ton, gigaton, Gt) vergeleken met de levende planten (575 Gt) en in de lucht (780 Gt), kunnen veranderingen in afbraak zeer grote gevolgen hebben.

Onderzoek naar de afbraak

Om het afbraakproces beter te begrijpen en een betere voorspelling te kunnen maken van de uitstoot van koolstofdioxide door afbraak is het belangrijk om te weten wat de afbraak is in verschillende grondsoorten en hoe de afbraak wordt beïnvloed door klimaatverandering.

Wat zijn bijvoorbeeld de verschillen tussen een dennenbos in het noorden van Zweden en een stuk landbouwgrond in Nederland? Hoe verschillen deze bodems in termen van temperatuur en voedingsstoffen? Het antwoord op deze vragen zal wetenschappers helpen te begrijpen waarom de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer soms omhoog gaat en soms naar beneden.

Er zijn al veel onderzoekers geweest die hebben geprobeerd op de afbraak in de bodem te meten. Er werden echter steeds verschillende werkwijzen en materialen gebruikt tijdens deze experimenten, waardoor het moeilijk (onmogelijk) is om resultaten te kunnen vergelijken. Een ander probleem is dat veel gebruikte methodes veel tijd en kosten en erg arbeidsintensief zijn. Hierdoor hebben we veel dingen nog niet goed kunnen testen.

Experimenten die het effect van de opwarming van de aarde onderzoeken gebruiken meestal een plastic cilinder die op een stuk grond wordt geplaatst. Dit wordt ook wel een "open top chamber" ("kamer zonder dak") genoemd. De plastic cilinder werkt namelijk als een mini-kas, en zorgt ervoor dat de temperatuur in de grond licht stijgt. Doordat verder alle factoren hetzelfde blijven, zoals bijvoorbeeld neerslag, kunnen de effecten van verhoogde temperatuur onderzocht worden. Men meet dan vooral plantengroei, en soms ook afbraaksnelheden. Dit wordt gedaan door de afbraak van het materiaal dat onder de plastic cilinder ligt te vergelijken met het materiaal dat niet onder een plastic cilinder ligt, en waar de temperatuur dus niet verhoogd is.

Pas geleden is er een nieuwe methode ontwikkeld om de afbraaksnelheid te onderzoeken. Deze methode maakt gebruik van theezakjes, waarbij het zakje zelf gemaakt is van nylon. Het zakje zelf zal dus niet afbreken, en daardoor kun je het makkelijk in en uit de grond halen. Deze methode heet Tea Bag Index (TBI). De thee in de zakjes is plantmateriaal en wordt dus ook op dezelfde manier afgebroken als ander plantmateriaal. Door theezakjes te gebruiken wordt het veel makkelijker om afbraak-experimenten uit te voeren en deze methode werd meteen door veel wetenschappers in gebruik genomen. Met behulp van het gewichtsverlies van de thee kun je de afbraaksnelheid (k) en stabilisatiefactor (S) berekenen.

¹ Tijdens de fotosynthese zetten planten koolstofdioxide, water en zonne-energie om in zuurstof en koolhydraten (suikers).

Wist je dat?

1. In de tropen is de afbraaksnelheid zeer hoog, binnen een maand is een gevallen blad afgebroken. In een kouder klimaat zoals in Siberië en Alaska duurt het meer dan tien jaar. In Nederland is een paar jaar voldoende.
2. In de laatste 30 jaar is de temperatuur van de aarde gestegen met 0.85 graden, zowel op het land als in de zee².
3. Verschillende wetenschappelijke modellen voorspellen dat in de aankomende eeuw de temperatuur met 1-4 graden zal stijgen ten gevolge van klimaatverandering. De verschillen tussen de modellen worden veroorzaakt door verschillen in aannames over de toename van menselijke activiteit (en hoe we denken dat dit van invloed is op bijvoorbeeld het afbraakproces).
4. Tijdens de lente de hoeveelheid koolstofdioxide gas in de lucht op aarde daalt, doordat het in noordelijk halfrond lente wordt en alle loofbomen nieuwe bladeren gaan maken?
5. In moerassen is de afbraak erg geremd door het iets zure milieu en een grote hoeveelheid water. Het water zorgt voor zuurstofgebrek bij de reducenten. Hierdoor kunnen we veenlijken en andere menselijke resten vinden die normaal gesproken al vergaan hadden moeten zijn.
6. Van fossielen en andere dode beesten vaak alleen het skelet. Dit komt doordat vlees veel makkelijk afbreekbare materialen bevat, terwijl botten uit veel moeilijk afbreekbare materialen bestaan.
7. Dat de samenstelling van de reducenten gemeenschap veel uitmaakt weten boeren en tuinders heel goed. Zij voegen vaak regenwormen toe aan hun mesthoop om zo de afbraak te stimuleren. In Amerika hebben ze ook problemen met een regenworm die veel gebieden veroverd waar hij eerst niet voorkwam. Deze invasieve regenworm kan een bos helemaal veranderen.
8. De mens kan een reducent zijn. Wat wij eten, zetten we om tot poep. Soms zie je nog stukjes van je eten zitten. Dit zijn vooral de moeilijk afbreekbare materialen (bijvoorbeeld schilletjes van mais of zaadjes). Makkelijk afbreekbaar en lekker zijn dus verschillende dingen.
9. Verschillende reducenten gebruiken elkaars uitwerpselen, en de één gaat verder waar de eerste dat niet kon.

² Bron: IPCC rapport 2014

Het experiment

Praktische aanwijzingen

Voor het theezakjesexperiment worden twee soorten thee gebruikt: groene thee en rooibos thee. De theezakjes worden ingegraven en na 3 maanden opgegraven. Doordat de samenstelling van deze twee theesoorten anders is, zal hun afbraaksnelheid ook verschillen. Groene thee bevat meer makkelijk afbreekbare stoffen en zal dus waarschijnlijk snel worden afgebroken. Het materiaal dat na drie maanden overblijft zal dus bestaan uit vooral overgebleven moeilijk afbreekbaar materiaal, maar ook uit makkelijk afbreekbaar materiaal dat is gestabiliseerd. Je kunt hieraan dus zien hoe ver de afbraak gaat. Aangezien rooibos thee veel langzamer wordt afgebroken zal deze na 3 maanden nog steeds in de eerste fase van de afbraak zitten (zie figuur 2). Nog niet alle makkelijk afbreekbare stoffen zijn op, en stabilisatie is nog niet bereikt. De afbraak van rooibos thee is dus een maat voor de afbraaksnelheid in fase 1 (figuur 2). Zo laten de verschillende soorten thee iets zien over de verschillende fasen van het afbraakproces.

In het theezakjes experiment gaan we een "min-kas" maken. We doen dit door een plastic cilinder (gemaakt van een doorgesneden PET-fles) bovenop de bodem te zetten. De temperatuur van de bodem stijgt hierdoor een beetje. In de bodem graven we theezakjes in, zowel binnen als buiten het mini-kasje. Door de afbraak in deze behandelingen te vergelijken onderzoeken we wat het broeikaseffect is op de afbraaksnelheid van de theezakjes. De theezakjes met en zonder de plastic cilinder moeten daarom wel naast elkaar begraven worden.

Materialen

De volgende materialen zijn nodig voor het experiment.

Materialen in het toegestuurde pakket:

- 8 Lipton Rooibos theezakjes en 8 Lipton Groene thee theezakjes
- 2 thermometers (zien eruit als kleine batterijen) **LET OP:** deze moeten altijd in hun zakjes blijven.
- Plastic potjes met deksels om de gedroogde bodemmonsters op te sturen
- Invul formulier (hier kun je ook het word document voor gebruiken)
- Gootje om het bodemmonster te nemen
- Gefrankeerde retour envelop

Materiaal dat u zelf moet regelen:

- (Digitale) weegschaal met minimaal 0,01 gram nauwkeurigheid*.
- 7 **dezelfde** lege flessen, 1,5 liter (met een 10cm lang glad stuk zonder bobbel, van dun plastic. Bijvoorbeeld Fanta, Huismerk cola van de Spar, Crystal Clear)
- Zaag of een goede schaar
- Watervaste stif, zwart
- Schepje of lepel en een mes (voor het bodemmonster)
- Iets om aan te geven waar de theezakjes begraven zijn (zoals barbecue stokjes/state prikkers)
- Transparant plakband
- Liniaal
- 4 boterhamzakjes
- Hamer (zal in sommige gevallen nodig zijn om het bodemmonster te nemen)
- Een warme en zonnige plek binnen waar de theezakjes en bodemmonsters kunnen drogen nadat ze opgegraven zijn (bijvoorbeeld een vensterbank boven een verwarming)

* De aanschaf van een individuele weegschaal is niet erg duur (voor ca 15 euro is er al een online te koop). Echter het project is dusdanig groot dat het voor ons financieel helaas niet mogelijk is om voor elke school een nieuwe weegschaal aan te schaffen. Wij vragen u daarom om zelf de weegschaal te kopen. Bijvoorbeeld via marktplaats, Amazon, <http://www.amazon.com/Tomtop-0-01g-Digital-Jewelry-Pocket/dp/B009727JHE>, bol.com,

<http://www.weegschaal.nl/webshop/precisiebalans/ya102>, en eh.. wiet shops). Wanneer dit niet mogelijk is probeer dan of je de zakjes kunt wegen bij de plaatselijke juwelier of apotheker.

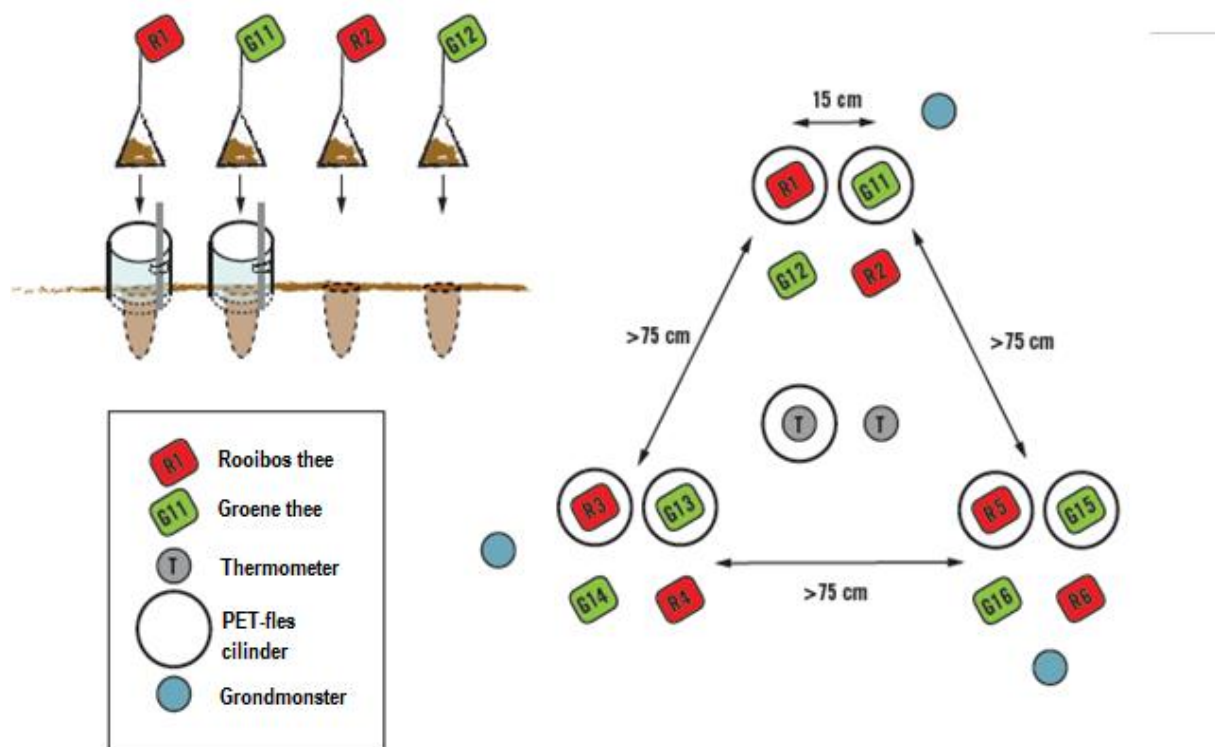
Materialen die beschikbaar zijn op internet:

- Instructiefilm hoe de theezakjes begraven moeten worden
- Instructiefilm voor het nemen van een grondmonster
- Instructiefilm hoe een weegschaal gebruikt moet worden
- Invulformulier voor berekenen van de TBI

Methode

We vragen u zelf een inschatting te maken welk deel u voorbereidt en welk deel u door de leerlingen laat uitvoeren. Voor de basisschool hebben we met een 'D' aangegeven wat beter door de docent kan worden uitgevoerd en met een 'L' wat de leerlingen kunnen uitvoeren. In principe moeten leerlingen van middelbare scholen in staat zijn het experiment zelfstandig uit te voeren.

In het experiment moet je in totaal 12 theezakjes begraven- 6 rooibos en 6 groene thee, op drie verschillende plekken (zie figuur 4).



Figuur 4: Experiment opzet

Op elke plek wordt één rooibos theezakje begraven met een PET-fles en één zakje rooibos zonder PET-fles. Hetzelfde geldt voor de groene thee, één zakje met PET-fles en één zonder. In totaal worden er dus 3 sets van groene en rooibos thee met PET-flessen en 3 sets zonder PET-flessen ingegraven (zie figuur 4). Er is een filmpje beschikbaar die precies laat zien hoe het ingraven werkt, en de link kun je vinden op facebook en of www.decolab.org/tbi

Er zitten 4 extra theezakjes in het pakket dat u van ons gekregen hebt, dit zijn reserve zakjes die kunnen worden gebruikt als er iets mis gaat met het ingraven. LET OP! Vergeet niet om de dingen die anders gingen op te schrijven. De extra theezakjes kunnen eventueel ook nog ingegraven worden, door een extra groepje leerlingen of er kan thee van gezet worden na het experiment.

Tussen de theezakjes moeten ook de twee thermometers begraven worden (één met en één zonder PET-fles) en er moeten drie bodemonsters worden genomen op dezelfde plek waar de theezakjes zijn begraven (zie figuur 4).

De bodemvochtigheid kan worden berekend door de bodem te direct te wegen na het nemen van het monster, wanneer het nog vochtig is. Door het nog een keer te wegen na minimaal drie dagen drogen kun je het gewichtsverlies berekenen.

Voorbereiding (week 22-23)

De voorbereidingen in de klas:

Kijk eerst de filmpjes 'wegen' en 'ingraven'.

1. (D) Neem de 6 zakjes groene thee (Lipton Green Tea) en de 6 zakjes rooibos thee (Lipton Rooibos thee) en het formulier om de gegevens in te vullen.
2. (D) Schrijf op de witte kant van het label de volgende codes: Voor de rooibos thee R1-6 (of 1-8, als je de twee extra theezakjes begraaft) en voor de groene thee G11-16 (of 11-18). Gebruik hiervoor een zwarte, watervaste stift. De witte kant van het label is van plastic en zal dus niet afbreken, de andere kant is van papier wat verdwijnt.
3. (D/L) Weeg elk zakje met een nauwkeurigheid van 0,01 gram.
4. (D) Schrijf het precieze gewicht van elk theezakjes in op het formulier in de kolom ("startgewicht"), of vul het in het Word bestand in.
5. (D/L) Verwijder de boven en onderkant van de zeven PET-flessen met een schaar of zaag. LET OP! Verwijder wel het plastic label van de flessen anders krijg je geen mini-kas effect! (Zie figuur 5)
6. (D) Noteer de nummers van de thermometers op het formulier of in het Word bestand.
7. (D/L) Plak met een plakbandje een paar satéprikkers aan elke plastic cilinder, zodat je hem goed in de grond vast kunt zetten. Neem ook stokjes om naast de theezakjes zonder cilinder te plaatsen, zodat je ze makkelijk terug kunt vinden.



Figuur 5: Voorbereiding PET cilinders

Geschikte flessen:

De volgende flessen zijn geschikt voor het experiment. Kies één merk om de plastic ringen van te maken. Maak alleen ringen van het gladde, rechte gedeelte (onder het etiket).

Lidl
Saskia 1,5L



Freeway 2L



Aldi
River 1,5L



Albert Heijn
Basic 2L



Spar
Sinas 1,5L



Overige merken, verkrijgbaar bij bijna alle supermarkten:
Fanta 1,5L Sisi 1,5L



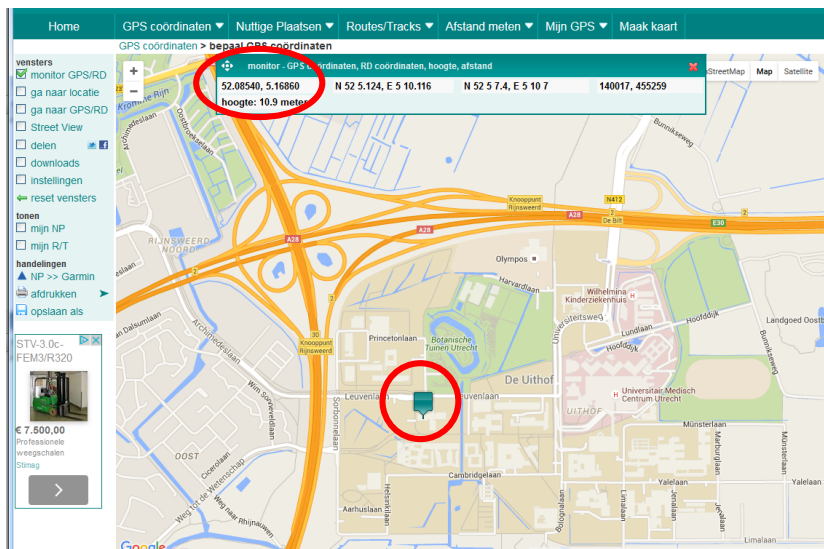
Het ingraven

1. (D) Kies een grasveld, het liefst op een natuurlijk stukje grond zonder bomen, en zonder bemesting³ Kies een oppervlak van ten minste 2 x 2 meter met homogene (dezelfde) begroeiing Kies je plek bij voorkeur zo dat de kans op verstoring klein is. Zet eventueel een waarschuwbordje met uitleg neer.
2. (L) Hou figuur 4 erbij voor de volgende stappen. Graaf 12 kuultjes van ca 8 cm diep en plaats in elk kuultje een theezakje. Volg de nummering zoals in figuur 4. Voor het meten van de diepte van de kuultjes kan een liniaal worden gebruikt. Tussen de theezakjes moet 15 cm zitten en tussen de drie verschillende plekken waar de theezakjes worden begraven moet ten minste 75 cm zitten.
3. (D/L) Zorg dat het labeltje van de theezakjes boven de aarde uit komt, zodat ze makkelijk kunnen worden teruggevonden na de zomer. Maak het labeltje eventueel vast aan een stokje. Stop de aarde terug in het kuultje en duw het stevig dicht met je handen. De leerlingen kunnen worden onderverdeelt in 6 groepjes waarbij elke groep één set van theezakjes begraaft.
4. (L) Plaats nu de plastic cilinders over 3 begraven groene theezakjes en 3 begraven rooibos theezakjes, **doe dit zoals aangegeven in figuur 4**. Druk de randen van de cilinders ongeveer 2 cm de grond in. Met een paar satéprikkers kun je de cilinder beter in de grond vast zetten.
5. (L) Graaf twee kuultjes van 8 cm diep en begraaft de thermometers, in elk kuultje een, zorg dat het plastic nog boven de grond uitkomt, of plak er een lintje aan vast.
6. Plaats een cilinder over de thermometer met het **oneven** nummer.
7. (L) Markeer de locatie waar elk theezakje en thermometers zijn begraven met een stok. Maak een schets van de plek waar de theezakjes en thermometers worden begraven. Geef de 3 (of 4) plekken waar de theezakjes zijn begraven de naam A, B, C (en eventueel D).
8. (L/D) Vul de rest van het formulier of het woord bestand in: de datum waarop de theezakjes worden begraven, welke plaats (geografische ligging – zie pagina 13), wat voor soort omgeving (weiland, veld, bos) en de planten rond de plek (Gebruikt eventueel de planten identificatie links op pagina 17).
9. (D) Bewaar het formulier op een veilige plek en vergeet niet een herinnering in je agenda of telefoon te zetten wanneer de theezakjes en thermometers moeten worden opgegraven in de herfst!

³ Bijvoorbeeld een weiland of een stuk open gras in het bos. Bos is ongeschikt omdat bomen voor te veel schaduw zorgen. Te veel schaduw zorgt ervoor dat de behandeling met de plastic ringen niet goed zal werken. Gecultiveerd land is niet erg geschikt voor het experiment omdat de grond bemest is wat de resultaten kan beïnvloeden. Een grasveld kan, maar is ook erg door mensen beïnvloed en daarom minder geschikt voor het experiment, echter als er geen andere plek beschikbaar is dan is dat ook goed. Laat ook de kans op verstoring meewegen in de keuze van de locatie.

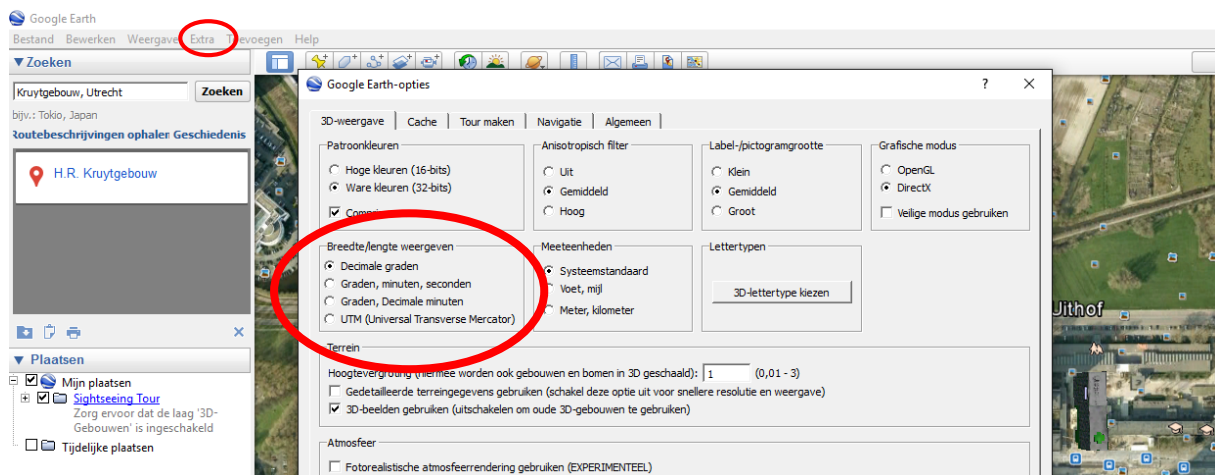
Geografische ligging

Naast contact en adresgegevens moeten ook de lengte- en breedtegraad van de ingraaf locatie worden doorgegeven. Een makkelijke manier om uw geografische positie is om te zoeken naar de school/plaats via google Earth. Mocht u geen Google Earth hebben, dan is het bepalen van coördinaten ook mogelijk op <http://www.gpscoordinaten.nl/bepaal-gps-coordinaten.php#>. U moet dan het vierkantje slepen naar uw locatie. De gegevens van het eerste veld in het pop-up schermje geven dan de coördinaten.



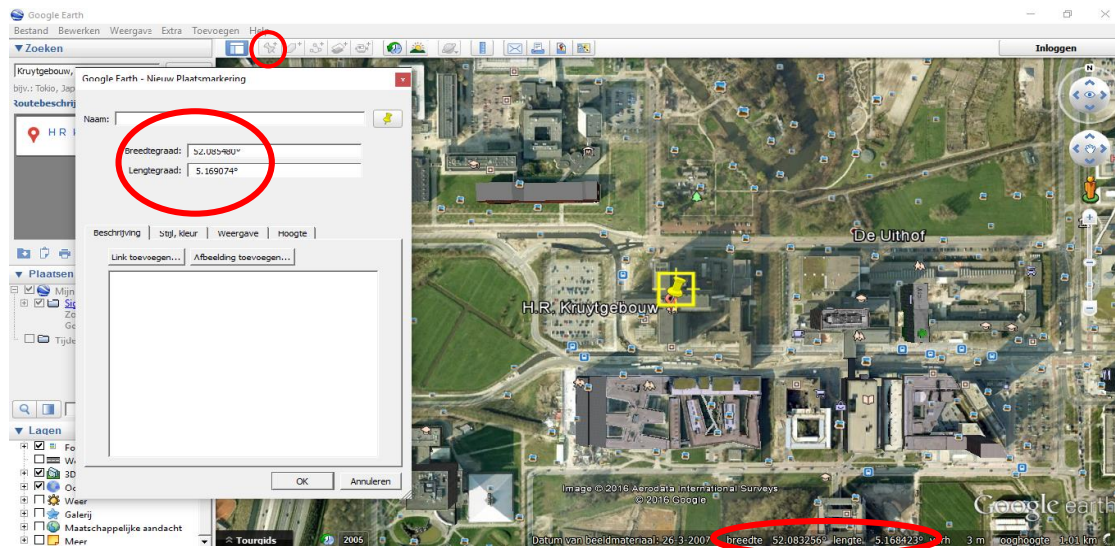
Google earth

Let erop dat de gps-instellingen van Google Earth op decimalen graden staat. Dit kunt u controleren door in de bovenste balk op **extra** te klikken en vervolgens op **opties**. Selecteer dan bij het kopje 'Breedte/lengte weergeven' op **decimalen graden**.



Zoek daarna uw locatie op.

Wanneer u uw locatie gevonden heeft kunt u drukken op het **punaise icoon** om de breedte en lengtegraden te zien. Of u gaat met uw cursor op uw locatie staan en dan kunt u onderaan het scherm de gps-coördinaten lezen.



Opgraven (week 35-36)

Het opgraven van de theezakjes en de bemonstering van de bodem:

Bekijk het filmpje: "bodemmonsters nemen"

1. (L) In de weken 35-36 kunnen de theezakjes opgegraven worden. Doe dit voorzichtig zodat het label niet afbreekt. Haal voorzichtig de bodem en wortels die vast zitten aan het theezakje weg. Soms gaat dit beter na een dagje drogen. LET OP! Gebruik geen water om de zakjes schoon te maken en maak notities als er iets misgaat of als er iets vreemds is met de theezakjes (paddenstoelen of gaten door muizen etc.).
2. (L) Graaf de thermometers op.
3. (L) Neem een grondmonster naast elke groep van begraven theezakjes (drie bodemmonsters in totaal), zoals hieronder beschreven.

Bodemmonsters

- a. Sla/duw het gootje in de grond en haal het voorzichtig uit de grond (gebruik eventueel een schep of mes) zodat de bodem in het gootje blijft. Het gootje moet volledig gevuld zijn met grond.
- b. Stop al de grond die in het gootje zit in een boterhamzakje. Gebruik voor elk bodemmonster een apart zakje.

In de klas

Bodemmonsters

- a. Weeg de drie bodemmonsters. (Tareer eerst de weegschaal: zet hem op nul terwijl er een leeg boterhamzakje op ligt, zodat je alleen het gewicht weegt van de grond in het zakje. Noteer het gewicht van de grondmonsters op het formulier als 'start gewicht bodem'.
- b. Spreid de bodem uit zoals op het instructiefilmpje en laat het drie dagen drogen op een warme en zonnige plek.
- c. Na drie dagen weeg je bodemmonsters weer en noteer je het gewicht op het formulier. Het verschil tussen het start gewicht en het eindgewicht zegt iets over hoeveel water de aarde bevatte.
- d. Meng de bodemmonsters en stop een beetje van het mengmonster in het plastic potje met dop. Stuur het potje en de thermometers naar de onderzoekers (zie punt 7 hieronder).

De theezakjes:

1. (L) Laat de theezakjes binnen drogen op een warme (en graag zonnige) plek tijdens ten minste drie dagen of langer, tot ze helemaal droog zijn.
2. (L) verwijder voorzichtig ALLE resterende grond van de theezakjes.
3. (L/D) Hou het formulier bij de hand.
4. Weeg elk theezakje. **Verwijder het labeltje voor het wegen** maar laat het touwtje aan het zakje zitten. Let op dat je het gewicht bij het juiste theezakje invult op het formulier.
5. (L/D) Vul de rest van het formulier/Word bestand in: Het uiteindelijke gewicht van de theezakjes, de datum van het opgraven en andere opmerkingen indien nodig.
6. (L) Optioneel voor oudere leerlingen: bereken het gewichtsverlies als percentage van het oorspronkelijke gewicht.
7. (L) Optioneel voor oudere leerlingen: Bereken het gemiddelde voor elke begraafplek (A, B, C) en voor elke behandeling (met en zonder PET-fles). Vergelijk.
8. (D) Stop het ingevulde formulier met de schets van de opgraafplek, de thermometers en het potje met het bodemonster in de gefrankeerde envelop en stuur deze op.
9. Klaar! Nu kunnen de wetenschappers de resultaten analyseren, in maart 2017 kun je een overzicht van de resultaten verwachten. Vergeet niet dat de theezakjes (met het touwtje en label) niet bij het GFT thuishoren, want het zakje breekt immers niet af.

Belangrijke punten!

- Hoe meer mensen wegen, hoe meer fouten er gemaakt worden. Het zou daarom fantastisch zijn als de docent de zakjes kan wegen aan het begin en aan het eind van het experiment, en deze gegevens opstuurt. Dit verhoogt de betrouwbaarheid van de gegevens voor het onderzoek.
- Weeg het eindgewicht van het theezakje na opgraven ZONDER label.
- Vergeet niet om het label van de PET-fles cilinders af te halen en de satéprikkers met doorzichtig plakband vast te plakken. Anders wordt het zonlicht tegenhouden en stijgt de temperatuur niet in de plastic cilinders.
- De theezakjes moeten volledig droog en schoon zijn voordat ze worden gewogen.
- Zorg dat de weegschaal op een vlakke en stabiele ondergrond staan voordat de bodemonsters en de theezakjes worden gewogen.
- Theezakjes die beschadigd zijn kunnen niet worden gebruikt omdat het niet mogelijk is om te controleren of het gewichtsverlies is veroorzaakt door afbraak of door iets anders. Delen van het theezakje of thee kunnen zijn verdwenen of er kan bodem door het gat het theezakje in zijn gekomen. Wees dus voorzichtig bij het opgraven! Als het touwtje loskomt dan kan het theezakje nog steeds worden gebruikt. Bind in dat geval een (nieuw) touwtje van een ander theezakje (zonder label) aan het zakje voor het wegen. Noteer dit wel in de kolom overig op het formulier.
- Vergeet niet om de theezakjes te markeren op de witte kant van het etiket met een watervaste stift.
- Als u de theezakjes begraaft in een andere vorm dan weergegeven in figuur 4 geeft dit dan aan in een schets op het formulier.
- Het doel is om de theezakjes 3 maanden te begraven. Dit kan variëren tussen 65 en 100 dagen. Er zijn minimaal 60 dagen nodig.

Uitbreidingsmogelijkheden

Lesideeën voor basisscholen

Maak er een buitenactiviteit van waarin je gaat speuren naar de verschillende stappen van de koolstof kringloop (bomen/groei, groeiringen in een boom, afbraak, paddenstoelen, verbranding door mensen, welke bodembeestjes kun je vinden).

Leg de link naar afvalproblemen. Waar gaat afval heen, waarom is afvalscheiding belangrijk, waarom ontstaat er een plastic soep.

Lesideeën voor middelbare scholen

Als docent kun je de link leggen met scheikunde/biochemie. Het verbreken van verbindingen, daar komt energie bij vrij, maar 't kost ook wat. Welke factoren bepalen deze kosten en baten. (Zuurgraad, katalysatoren) en hoe linkt dat met wat we hebben geleerd over het afbraakproces.

Er is de mogelijkheid om meer thee te begraven, of op andere plekken te begraven. Extra thee kan gewoon bij de supermarkt gekocht worden. Check of je de goede thee hebt door naar de cijfers onder de barcode te kijken. Groene thee (EAN 87 22700 05552 5) en Rooibos thee (EAN 87 22700 18843 8)

LET OP: Elke school moet het experiment precies uitvoeren zoals hierboven staat beschreven en alleen deze gegevens moeten naar de wetenschappers worden opgestuurd. Alle overige resultaten, mits met juiste theesoort uitgevoerd, kunnen ook worden toegevoegd aan het wereldwijde experiment, maar moeten apart worden aangeleverd om verwarring te voorkomen. Na Juli 2016 zal het mogelijk zijn om dit online door te geven. Meer informatie volgt hierover.

Voorbeelden van verschillende onderzoeksfactoren staan hieronder beschreven en kunnen ook als voorbeeld dienen voor profielwerkstuk vragen. Voor de verschillende experimenten zijn op internet talloze beschrijvingen en alternatieven te vinden. Wij noemen hiervan slechts een paar opties.

- 1) Er kan worden onderzocht elk effect verschillende bodemtypes kunnen hebben op de afbraak van plant materiaal. De zakjes kunnen op verschillende plekken worden ingegraven en er kunnen vervolgens nog eventuele testjes mee worden gedaan in het klaslokaal. Zo kan bijvoorbeeld;
 - i. De textuur van de bodem van de bodem worden bepaald. Dit kan worden gedaan doormiddel van zeven of de 'voel-test'.
 - ii. Het water-doorlaatbaar-vermogen van de grond kan worden bepaald. Een leuk testje is om de aarde in een trechter met filter te stoppen en vervolgens te kijken hoe snel het water er doorheen loopt, en hoeveel water er in de grond blijft hangen.
 - iii. De zuurgraad van de bodem kan worden bepaald met 'test staafjes' of de bruistest.
 - iv. De hoeveelheid organisch materiaal in de grond kan worden vastgesteld. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan door middel van verbranding (misschien heeft de handvaardigheid afdeling een geschikte oven) of door het schudden van de grond in een fles water.
- 2) Er kan worden onderzocht wat voor een effect de omringende vegetatie heeft op de afbraak. Bekijk bijvoorbeeld het verschil tussen een weiland en een bos. (let dan wel ook op verschillen in bodemtype)
- 3) Er kan worden gekeken naar de invloed van de mens op de afbraak. Begraaf de theezakjes bijvoorbeeld in een onbemest gazon, of een regelmatig bemest weiland, of in een gradiënt van een weg af richting een natuurgebied.

Referenties

Hjärnkontoret svarar, en Jacob Seth-Fransson. 2001. ISBN: 91-29-65441-6.

Håll Sverige Rent. Hämtad 2015-01-26. http://www.hsr.se/sites/default/files/content_media/nedbrytning_bla_0.pdf

IPCC Rapport, Climate Change 2007: Synthesis Report. (Valencia, Spain, 12–17 November 2007)

Lehtinen T., Dingemans B., Keuskamp J., Hefting M. en Sarneel J. Tea4Science – Soil Science Lesson and Activity Plan. Natural Sciences Education.

Lunds Universitets kurslitteratur för NGEN03 Globla Ecosystems Dynamics. Hämtad 2015-01-26.
<http://www.nateko.lu.se/courses/ngen03/Skogen%20och%20klimatet.pdf>

Sarneel J. M. Tea Time for Science. Appendix A: Research program.

Äventyret NATUREN av Mats Ottosson, Åsa Ottosson och Filippa Widlund. 2004. ISBN: 91-638-3999-7

Voor meer informatie

Tea Bag Index project: <http://www.decolab.org/tbi/>

Facebook: <https://www.facebook.com/groups/teatime4science.nl/>

Basisinformatie over afbraak:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Decomposition>

<http://www.fao.org/docrep/009/a0100e/a0100e05.htm>

Film over de jaarlijkse cycli van de uitstoot van koolstof (voor de oudere leerlingen):

<http://www.vox.com/2014/11/19/7246067/nasa-animation-carbon-dioxide>

Filmpje over de water cyclus:

<http://www.schooltv.nl/video/nieuws-uit-de-natuur-de-waterkringloop/#q=neerslag>

Bodem proefjes:

http://www.encyclopedoe.nl/?onderwerp_id=178

Bodem fracties

<http://eisforexplore.blogspot.nl/2013/03/soil-density-column.html>

Categoriseren bodem door textuur:

<http://cmase.pbworks.com/f/Soil+Texture+By+Feel.pdf>

Informatie over bodem

<http://www.onzeschooltuin.nl/grond.html>

<http://www.geologievannederland.nl/ondergrond>

De koolstofcyclus en de klimaatverandering:

<http://www.schooltv.nl/video/broeikaswereld-afl1-broeikaswereld-en-broeikaseffect/#q=broeikaswereld>

<http://www.schooltv.nl/video/broeikaseffect-de-dampkring-en-het-broeikaseffect/#q=broeikaswereld>

<http://www.schooltv.nl/video/het-klokhuis-klimaatsverandering/#q=broeikas%20effect>

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Koolstofkringloop>

<http://www.kennislink.nl/publicaties/de-wereld-draait-door-met-kringlopen>

Plant identificatie:

<http://www.soortenbank.nl/determinatie.php>

Heel erg bedankt voor uw deelname en dat van uw leerlingen!