

Gijs Vis

Avans University of Applied
Sciences

Communicatie & Multimedia
Design

Amersfoort, Nederland

hallo@gijsvis.nl

Abstract

Dit onderzoek probeert vast te stellen of slime molds gebruikt kunnen worden door voedselproducenten om anders naar hun land te kijken. Het onderzoek heeft als doel om voedselproducenten meer bewustwording te geven over het bodemleven op hun onderneming. Mycelium heeft een enorme invloed op de kwaliteit van de bodem. Op het moment wordt dit alleen nauwelijks benut door voedselproducenten. Het

onderzoek laat zien dat de slime mold *Physarum polycephalum* een mogelijke visualisatie kan zijn voor mycelium. Door het visualiseren is er een mogelijkheid voor de voedselproducent om zich verbonden te voelen met het landschap waar de onderneming zich op bevindt. Met als doel dat de voedselproducent anders om zal gaan met het produceren van voedsel en alle onderdelen die daar bij komen kijken.

Inhoudsopgave

Abstract	p. 1
Inleiding	p. 2
Methodes	p. 3
Conclusie	p. 7
Discussie	p. 7
Bronvermelding	p. 8
Bijlage	p. 9

Inleiding

De toekomst van onze voedselproductie is onzeker en onduidelijk. Mensen moeten eten en dus zullen we voedsel moeten blijven produceren. Het probleem is alleen dat de huidige methodes van voedsel produceren niet langer houdbaar zijn. Hoe je het ook wendt of keert, we zullen verandering moeten brengen in de manier waarop wij voedsel produceren. Voordat we anders kunnen produceren zal ook onze relatie met de natuur waar wij ons voedsel in produceren moeten veranderen. De mentaliteit van de mens als apex predator bovenaan de voedselketen is niet hoe wij als planeet verder kunnen. De mens heeft te lang gedacht dat zij de baas kunnen spelen over de natuur, en dat de natuur hoe dan ook naar ons zal moeten luisteren. Moeder natuur werkt alleen niet zo. Op het moment vernietigen we de natuur in een ontzettend rap tempo.

Dit onderwerp is onderzocht in opdracht van Marius Moonen met de onderzoeksvraag: Hoe kun je door middel van speculatief ontwerp alternatieve relaties tussen mens, technologie en ecologie binnen de voedselproductie onderzoeken zodanig dat die gebruikt kan worden door de stakeholders om de transities binnen dit domein vorm te geven.

Om te beginnen laten we dus eens letterlijk en figuurlijke omlaag gaan. Terug naar de basis van ons bestaan, namelijk schimmels [1]. Schimmels kennen de meeste mensen als de champignons in de supermarkt of als antibiotica [2]. Er wordt zelfs gespeculeerd dat menselijke intelligentie en bewustzijn ontketend is door het consumeren van psychedelische paddenstoelen [3]. Binnen het onderwerp voedselproductie zijn schimmels ontzettend relevant, maar misschien minder bekend. Het ondergrondse mycelium, ook wel zwamvlok genoemd kan bijvoorbeeld de uitwisseling van zware metalen tussen gewassen mogelijk maken. Het effect hiervan is dat de gewassen beter groeien [4]. Het mycelium is het wortelsysteem van de paddenstoel, hoewel de paddenstoelen hetgene is dat je boven de grond ziet.

De schimmels bevatten al mogelijk onbekende potentie voor de voedselproducent. Naast de schimmel is daarentegen ook onderzoek gedaan naar slime molds. De slime mold is een eencellig organisme of amoëbe, en deze amoëbe is intelligent [5]. De slime mold kan extreem goed de meest effectieve route naar voedsel vinden. Slime molds hebben een aantal kenmerken van een schimmel en wordt daarom ook vaak door elkaar gehaald, maar het zijn echt twee verschillende organismen met potentie voor de voedselindustrie.

De potentie van beide organismen is enorm en nog veelal onbenut. In dit onderzoek is er gekeken welke eigenschappen gunstig zouden kunnen zijn voor de voedselproducent. De onderzoeksvraag luidt als volgt: Hoe kan de voedselproducent een slime mold gebruiken om een beter inzicht te krijgen in het bodemleven, zodanig dat er een betere relatie ontstaat met het landschap en het ondergrondse mycelium.

Methodes

Voor dit onderzoek zijn er hoofdzakelijk twee manieren van onderzoeken toegepast. Het lezen van literatuur en onderzoek door middel van maken. Het literatuuronderzoek is ondersteunend en inspirerend geweest voor de uitgevoerde experimenten en prototypes. Het literatuuronderzoek heeft de mogelijkheden van mycelium voor de voedselproducent duidelijk gemaakt. De voornaamste inzichten uit het vooronderzoek waren dat sommige mycelia symbiotische relaties aangaan met bijvoorbeeld bomen [6]. Mycelium kan ook een verbinding tussen twee gewassen leggen om zo zware metalen tussen de gewassen uit te wisselen. Hierdoor groeien de gewassen beter en wordt het zware metaal cadmium over de gewassen verdeeld. Waardoor de planten geen giftige dosis van het cadmium ontvangen [4].

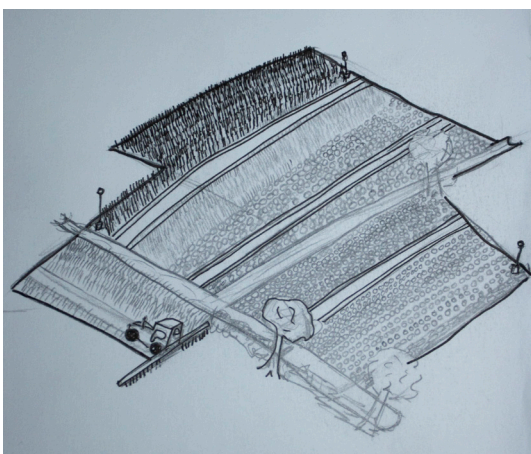
De methodes en benodigdheden voor de slime mold experimenten zijn te zien in bijlage 1 en 2. Deze worden verderop in de tekst bij de prototypes verder uitgelegd en toegepast.

Mycelium statuspalen

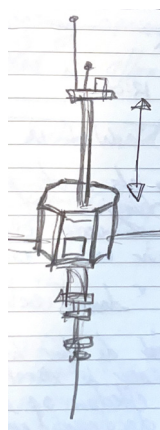
Om de connectie tussen de bodem, de robot en voedselproducent mogelijk te maken is een prototype ontworpen. De mycelium status palen (figuur 1 & 2) zijn een verzameling van palen op het land van de voedselproducent. De palen staan op plekken waar de bodem rijk is aan mycelium. Ze meten de gezondheid van het mycelium in de bodem, dit doen ze door monsters te nemen. Aan de hand van "EM root tips" [7] kunnen een aantal kenmerken van de bodem bepaald worden, zo kan gemeten worden hoe rijk de bodem aan mycelium is en dus de gezondheid van het netwerk.

De palen die deels in de grond staan bewegen omhoog en omlaag gedurende de dag. Aan de stand van de palen kan de voedselproducent vervolgens vanaf een afstand zien hoe gezond de bodem op de onderneming is op het gebied van mycelia. Met deze informatie zou de voedselproducent betere keuzes kunnen maken ten aanzien van het inrichten van zijn onderneming. De voedselproducent zou bijvoorbeeld bewustere keuzes kunnen maken in welke gewassen, struiken of bomen er op de grond verbouwd moeten worden.

Echter is dit prototype en concept niet verder uitgewerkt, omdat de palen te gevoelloos bleken. De palen zouden een bepaalde choreografie op de onderneming kunnen laten zien, maar de palen zelf zijn niet meer dan indicators. Met choreografie wordt bedoeld dat de palen mogelijk patronen zullen vormen die als dans geïnterpreteerd kunnen worden. Dit zou gebeuren, omdat het mycelium netwerk hoogstwaarschijnlijk meerdere palen verbindt, en dus deels dezelfde informatie meet. De robot is in deze vorm iets waar lastig wat voor te voelen is. De voedselproducent zou niet veel meer interactie met de palen hebben dan ernaar kijken, de relatie met de robot is dus erg eenzijdig. De voedselproducent kan het onzichtbare bodemleven ook nog steeds lastig zien. Zij moeten een abstracte choreografie interpreteren tot iets waar zij het landschap anders op in kunnen richten, het mist een visueel element.



Figuur 1 - Schets landschap



Figuur 2 - Mycelium status paal

Ondergronds bodemleven simuleren met *physarum polycephalum*

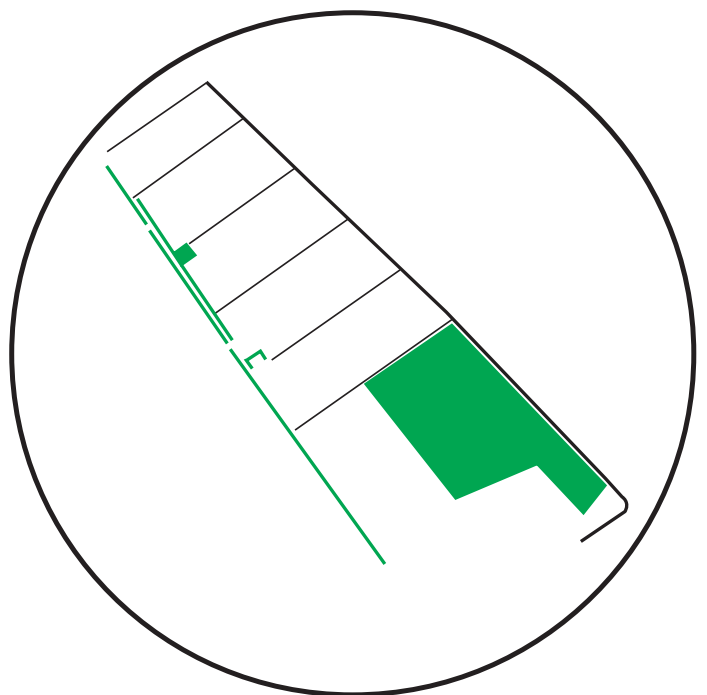
Om het mycelium netwerk beter zichtbaar te maken is dit volgende prototype ontworpen. Het prototype is bedoeld om de vraag te beantwoorden: is het mogelijk om met de slime mold *physarum polycephalum* het mycelium netwerk te simuleren? Hierdoor zou de voedselproducent een inzicht kunnen krijgen hoe het in de bodem van de onderneming eruit ziet. Om antwoord te krijgen op deze vraag, zijn er experimenten uitgevoerd met de slime mold *physarum polycephalum*. Slime molds worden vaak verward met mycelium, omdat ze er vergelijkbaar uitzien en zich vergelijkbaar gedragen. Van deze vergissing wordt in dit prototype gebruik gemaakt, door de slime mold letterlijk een mycelium netwerk na te laten doen. Er is voor deze specifieke slime mold gekozen, omdat het al vaker in soortgelijke experimenten is gebruikt. Zoals het experiment waar de slime mold het metro stelsel van Tokyo correct namaakt [8]. Daarnaast is deze slime mold ook relatief makkelijk te kweken en te onderhouden.

Voor het experiment is *physarum polycephalum* opgekweekt [zie bijlage 1 voor instructies] en geplaatst op een petrischaal. Op deze petrischaal zijn havervlokken gelegd op de plekken waar bomen en struiken op de onderneming zouden staan. De locaties van deze objecten zijn gebaseerd op een willekeurig agrarisch landschap in Flevoland, Nederland [figuur 3]. Vervolgens zijn de obstakels op het landschap nagebootst met muren die met de 3D-printer [zie bijlage 7] gemaakt zijn. Hierdoor moet de slime mold om objecten als sloten heen groeien, zoals in de natuur. Op de groene plekken in figuur 4 zijn havervlokken als voedselbron geplaatst. Zie figuren 5 en 6 voor de geprepareerde petrischalen.

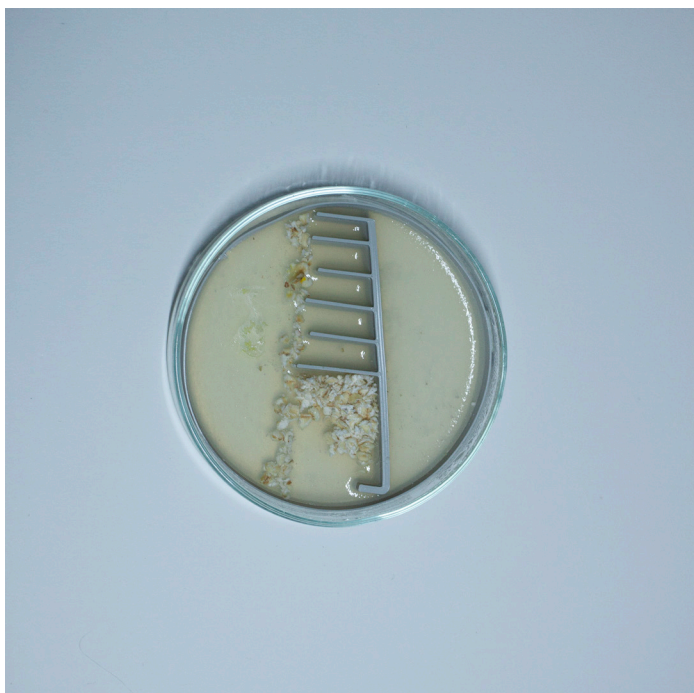
Dit prototype liet een duidelijke visualisatie zien van hoe het ondergrondse netwerk eruit zou kunnen zien. De slime mold heeft verbindingen gelegd tussen het kleine bos en de struiken die naast de weg staan. Deze connectie is aannemelijk aangezien sommige mycelia ook struiken en bomen verbindt om hier een symbiotische relatie mee aan te gaan [9].



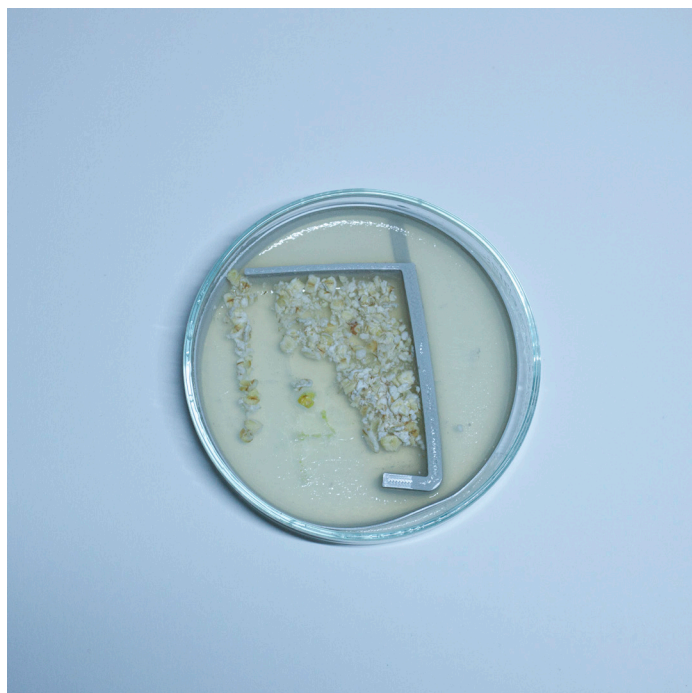
Figuur 3 - Boerderij Flevoland



Figuur 4 - Illustratie objecten en voedselbronnen



Figuur 5 - Geprepareerde petrischaal 1



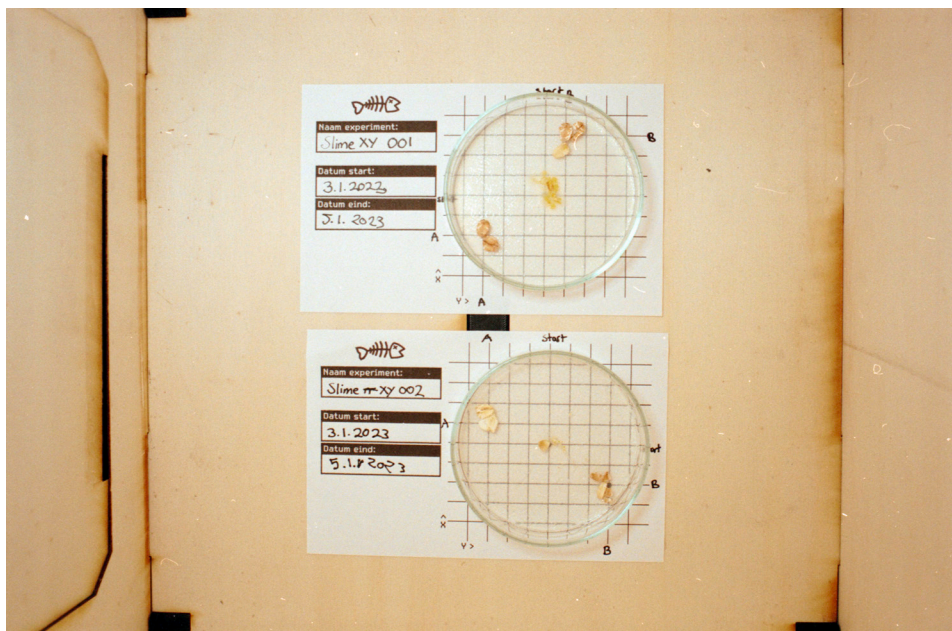
Figuur 6 - Geprepareerde petrischaal 1

“Pathfinding AI” met *physarum polycephalum*

De kwaliteiten van het simuleren van een ondergronds netwerk doormiddel van de slime mold zijn vastgesteld. Voor het onderzoek van de vaardigheid van de slime mold om effectieve routes te vinden is een volgend experiment ontworpen. Dit is interessant voor de voedselproducent om mogelijke zuinigere routes over het landschap te plannen. Daarnaast is het een verdere uitbreiding van de visualisatie voor de voedselproducent. Het prototype en experiment genaamd “Slime XY” bestaat uit een petrischaal die geplaatst is op een x, y coördinaten stelsel. Vervolgens zijn hier op 3 plekken havervlokken geplaatst en de slime mold op één locatie [zie figuur 8]. Voor het experiment zijn petrischalen van 90mm en 150mm gebruikt. Deze petrischaal wordt vervolgens in de “SlimeBox 1” [bijlage 3] geplaatst. In deze doos is het grotendeels van de tijd donker, dit is namelijk nodig voor de groei van de slime mold. In bijlage 2 wordt in detail beschreven hoe het experiment opgezet moet worden.

Echter wordt elke 5 minuten een lamp aangezet die vanaf boven in de doos schijnt. Deze lamp wordt aangezet door een stekkerblok waar in de kabel een relais verwerkt is. Deze relais wordt aan- en uitgezet door een ESP-32 microcontroller [10]. Deze microcontroller is gekozen omdat deze een ingebouwde wifi-module heeft. Dit is nodig om met een “Network Time Protocol” server te verbinden [11]. Dit houdt in dat de microcontroller regelmatig de accurate tijd ophaalt, wat ervoor zorgt dat de timing tussen de videocamera en de lamp gelijk blijft. Vervolgens hangt boven de doos een camera op een statief. De camera neemt elke 5 minuten een beeld, al deze beelden worden vervolgens achter elkaar geplakt om zo een time-lapse video te vormen. Voor zowel de lens en de lamp is een gat in de deksel gemaakt waar ze precies in passen. Hierdoor blijft de doos terwijl de lamp uitstaat grotendeels donker. De slime mold heeft over een periode van ongeveer 48 uur verbinding gelegd tussen de verschillende voedselbronnen. Hoewel de time-lapse video interessante resultaten geeft om in te zien hoe de slime mold groeit en ontwikkeld, gaf de lamp te veel licht voor de optimale groei van het organisme. Hierdoor duurt het experiment aanzienlijk langer. In sommige gevallen zorgt het licht ervoor dat de slime mold stopt met groeien, dit zou kunnen komen doordat de slime mold door het licht sterft. Ook is het mogelijk dat het licht de vochtige bodem in de petrischaal laat verdampen. Daarom is ervoor gekozen om naast het kweken in de time-lapse doos, een aantal petrischalen apart te kweken. Dit om te voorkomen dat het licht enige invloed op het experiment zou hebben.

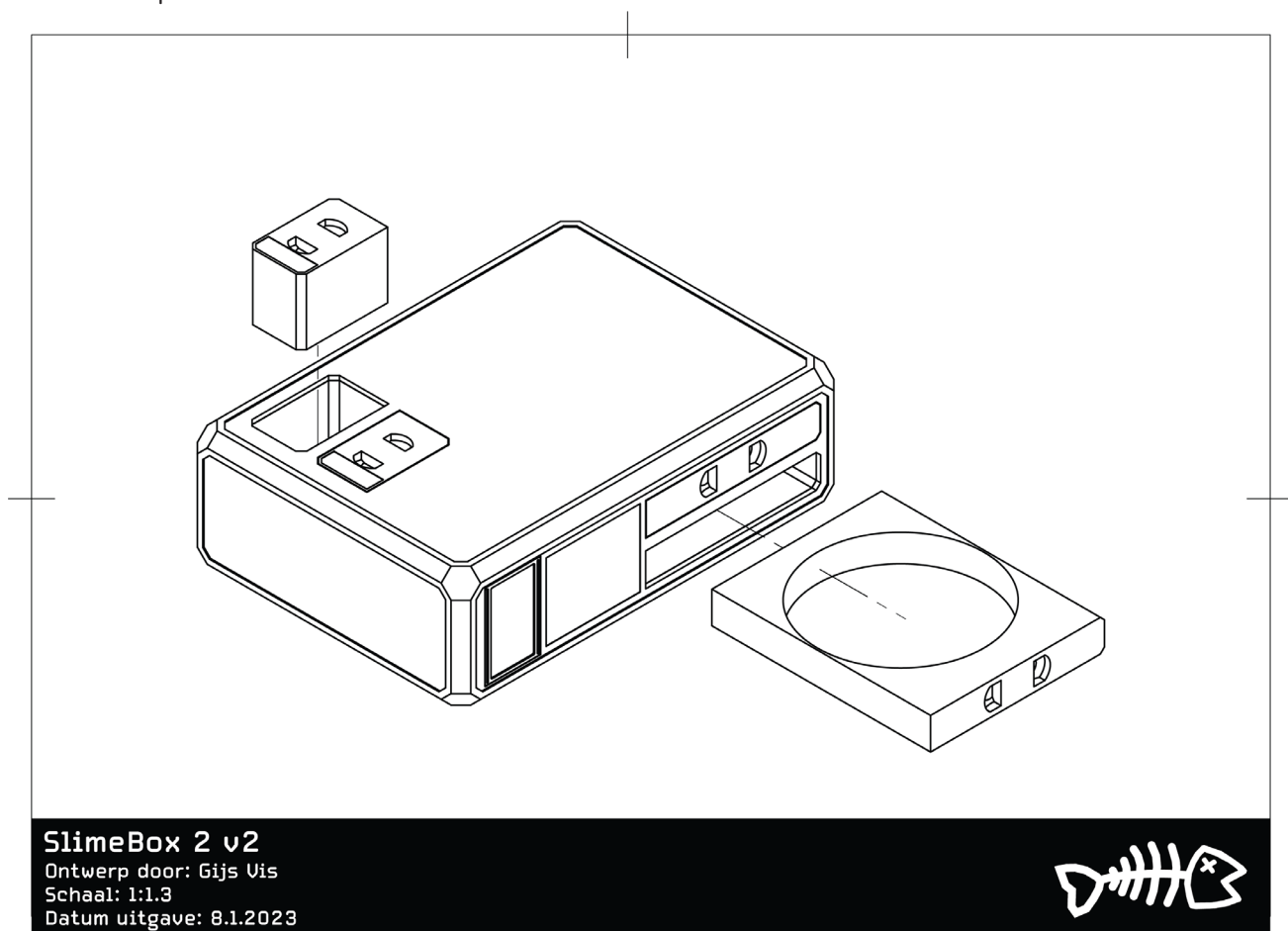
De slime mold vormde duidelijke connecties tussen de verschillende voedselbronnen. De routes zijn effectief aangelegd en goed te zien. Hoewel het experiment interessante resultaten heeft gegeven zijn er nog veel mogelijkheden in snelheid. Daarnaast zou dit concept erg veel technische kennis en werk voor de voedselproducent vereisen. Het gehele proces van experimenten uitvoeren zou dus versimpeld moeten worden. Zodat iemand zonder enige kennis het uit kan voeren.



Figuur 7 - Test opstelling slime mold Figuur 8 - Slime XY experiment

Versimpelen kweek proces

Om het gehele proces voor de voedselproducent simpeler te maken, is er een volgend prototype ontworpen. Er wordt nu een concept uitgewerkt waar het hele proces versimpeld wordt. Dit bestaat uit een robot die in zekere zin lijkt op de "SlimeBox 1" [bijlage 3] alleen heeft deze een kleiner formaat. In figuur 9 is het voorlopige ontwerp te zien. Deze robot begeleidt de voedselproducent door elke stap van het slime mold kweek proces heen. De robot is in zekere zin ook een soort speculatief huisdier. De voedselproducent geeft de robot voedsel, geprepareerde petrischalen en maakt de robot schoon. In ruil voor deze verzorging geeft de robot resultaten terug van de uitgevoerde experimenten. De robot kan deze ook interpreteren voor de voedselproducent. De robot functioneert als een medium tussen het gesimuleerde bodemleven en de voedselproducent.



SlimeBox 2 v2
 Ontwerp door: Gijs Vis
 Schaal: 1:1.3
 Datum uitgave: 8.1.2023



Figuur 9 - Concept SlimeBox 2

Conclusie

Ter conclusie is uit het onderzoek gebleken dat mycelium een gigantische invloed heeft op het bodemleven. Dit wordt door voedselproducent nu nog veelal onbenut en dit onderzoek laat zien waarom dit meer zou moeten. Mycelium is een goede indicator van de gezondheid van de natuur op het landschap van de onderneming en daaromheen. Naast het aantonen van de toegevoegde waarde van mycelium, heeft dit onderzoek ook een methode opgeleverd om dit te visualiseren. De slime mold *Physarum polycephalum* is hier een goede kandidaat voor. De slime mold beschikt over soortgelijke kwaliteiten in zijn vorm als mycelium, en is goed zichtbaar voor het blote oog. Door het visualiseren heeft de voedselproducent een mogelijkheid om zich verbonden te voelen met de grond waar zij voedsel produceert. Zo kan de voedselproducent inzicht krijgen in de effecten van de transitie van de onderneming met oog op de toekomst van onze planeet.

Discussie

Tijdens dit onderzoek is er geprobeerd om zo veel mogelijk variabelen onder controle te krijgen, maar dit is in een thuisomgeving ten opzichte van een laboratorium lastig. Variabelen als temperatuur en luchtvochtigheid zijn niet constant geweest. Naast de controle over variabelen is de steekproefgrootte ook laag. Hierdoor is niet met zekerheid te zeggen of de resultaten deels toeval of feitelijk zijn.

Hoewel de slime mold in het kader van dit onderzoek een goede imitatie is voor een mycelium netwerk, zijn het niet dezelfde organisme. Ook simuleert de slime mold niet alle variabele die zich in een echt landschap afspelen. De havervlok werkt goed als imitatie van een boom of strook, maar er is geen daadwerkelijk symbiose tussen de slime mold en de havervlok. De slime mold zal uiteindelijk de havervlok consumeren.

Voor een vervolgonderzoek zouden alle variabelen zo constant mogelijk gehouden moeten worden. Er moet een grotere steekproefgrootte zijn, met daarbij een goede controlegroep. Als laatste moet er ook gekeken worden hoe de symbiotische relatie beter gesimuleerd kan worden.

Bronnen

- [1] D. Bierend, "How most life on Earth is dependent on fungi - including you," ScienceFocus, 30 June 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencefocus.com/nature/how-most-life-on-earth-is-dependent-on-fungi-including-you/>. [Accessed 29 December 2022].
- [2] "Penicillin," 5 Januari 2023. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/penicillin>. [Accessed 8 Januari 2023].
- [3] R. Lamb, "The Stoned Ape Hypothesis: Did Magic Mushrooms Influence Human Evolution?," HowStuffWorks, 27 Januari 2021. [Online]. Available: <https://science.howstuffworks.com/life/evolution/stoned-ape-hypothesis.htm>. [Accessed 29 December 2022].
- [4] C. Ding, Y. Zhao, Q. Zhang, Y. Lin, R. Xue, C. Chen, R. Zeng, D. Chen and Y. Song, "Cadmium transfer between maize and soybean plants via common mycorrhizal networks," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 232, 2022.
- [5] "A memory without a brain," ScienceDaily, 23 Februari 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencedaily.com/releases/2021/02/210223121643.htm>. [Accessed 4 Januari 2023].
- [6] "Mycorrhizae," Wisconsin Horticulture, [Online]. Available: <https://hort.extension.wisc.edu/articles/mycorrhizae/>. [Accessed 8 Januari 2023].
- [7] R. Landeweer, C. Veenman, T. W. Kuyper, H. Fritze, K. Wernars and E. Smit, "Quantification of ectomycorrhizal mycelium in soil by real-time PCR compared to conventional quantification techniques," *Microbiology ecology*, vol. 45, no. 3, p. 283-292, 2003.
- [8] L. Sanders, "Slime Mold Grows Network Just Like Tokyo Rail System," *Wired*, 22 Januari 2010. [Online]. Available: <https://www.wired.com/2010/01/slime-mold-grows-network-just-like-tokyo-rail-system/>. [Accessed 6 Januari 2023].
- [9] A. Pepe, M. Giovannetti and C. Sbrana, "Lifespan and functionality of mycorrhizal fungal mycelium are uncoupled from host plant lifespan," *Scientific Reports*, 2018.
- [10] G. Vis, "SlimeBox," [Online]. Available: <https://github.com/Hei5enberg/SlimeBox>. [Accessed 7 Januari 2023].
- [11] "NTP Pool project," [Online]. Available: <https://www.ntppool.org/en/>. [Accessed 7 Januari 2023].

Instructies voor het opkweken van Physarum Polycephalum

Benodigdheden:

- Slapende physarum polycephalum
- Petrischaal 90-150mm
 - a. Opkweken moeder kolonie.
 - b. Uitvoeren experiment.
- Agaragar
 - a. Vochtige bodem voor de physarum polycephalum.
- Havervlokken
 - a. Voeding voor slime mold.
- Water
 - a. Wakker maken slapende physarum polycephalum.
- Pipet
 - a. Druppelen van water op papier met slapende physarum polycephalum.
- Donkere ruimte of doos
 - a. Om de physarum polycephalum in te laten groeien.
- Propanol-2
 - a. Desinfecteren van materialen en gereedschappen.
- Nitril handschoenen
 - a. Bescherming en voorkomen van besmetting experiment.
- Steelpan
 - a. Aan de kook brengen agaragar.

Voorbereiden petrischaal

De onderstaande hoeveelheden agaragar poeder en water is genoeg om ongeveer 4 petrischalen van 90mm te vullen.

1. Los 6g agaragar poeder op in 118g koud water in de steelpan.
2. Breng dit aan de kook. Haal de steelpan van het vuur af zodra het mengsel kookt.
3. Giet het hete mengsel in de petrischalen tot een hoogte van ongeveer 5mm.
4. Laat de petrischalen afkoelen. Plaats de petrischalen zodra de agaragar bodem stijf is ondersteboven om condensatie op de deksel te voorkomen.

Opkweken van een moederkolonie met slapende physarum polycephalum

1. Haal het papiertje met de slapende physarum polycephalum uit de verpakking.
2. Plaats het papiertje in het midden van de met agaragar geprepareerde petrischaal.
3. Druppel nu met de pipet water op het papiertje totdat deze volledig vochtig is. Let op dat het papiertje niet in water drijft.
4. Plaats nu met de pincet 10-15 havervlokken op en rond het papiertje met de physarum polycephalum.
5. Sluit de petrischaal, en plaats deze in een donkere en warme ruimte.

Als er geen slapende physarum polycephalum gebruikt wordt plaats dan een klein beetje actieve physarum polycephalum in het midden van de petrischaal. Ga daarna verder vanaf stap 4.

Instructies om experiment “Slime XY” te reproduceren

Benodigdheden experiment:

- Opgekweekte physarum polycephalum op een petrischaal
 - a. Zie bijlage 1 voor instructies “opkweken van een moederkolonie met slapende physarum polycephalum”.
- Petrischaal 90mm met agar bodem
 - a. Zie bijlage 1 voor instructies “prepareren petrischaal”.
- Havervlokken
- Uitgeprint “Slime XY” experiment bodem.
 - a. Zie bijlage 5 en 6.
- “SlimeBox 1” of kartonnen doos
 - a. Zie bijlage 3 voor “SlimeBox 1”.
- Stift of pen
- “SlimeScraper 1” of scalpel
 - a. Zie bijlage 4 voor “SlimeScraper 1”.
- Nitril handschoenen
- Schilderstape
- Pincet

Experiment uitvoeren

1. Was de handen en doe daarna de handschoenen aan.
2. Schraap met de schraper of scalpel de slime mold van de moederkolonie [figuur 1].
3. Plaats met de schraper of scalpel de slime mold op de petrischaal [figuur 2].
4. Plaats daarna met het pincet 1-2 havervlokken naast de slime mold. Plaats daarna 2-4 havervlokken op punt A en B [figuur 3].
5. Plaats twee stukjes schilderstape op de deksel van de petrischaal.
6. Schrijf hier de naam van het experiment en de huidige datum op [figuur 4].
7. Plaats daarna de petrischaal in de “SlimeBox 1” of kartonnen doos en sluit deze af.



Figuur 1 - Oogsten van moederkolonie



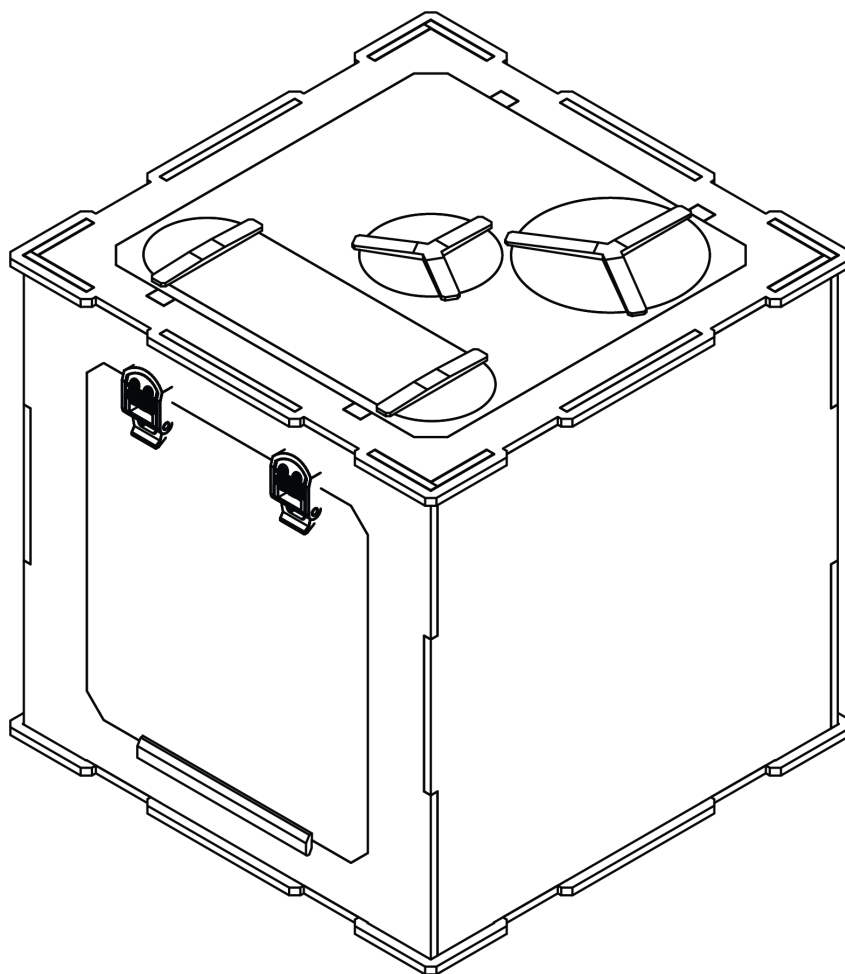
Figuur 2 - Physarum polycephalum plaatsen



Figuur 3 - Havervlokken op agar petrischaal plaatsen

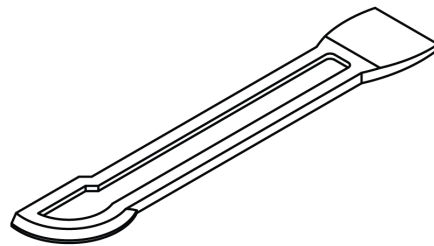


Figuur 4 - Gegevens op petrischaal schrijven



SlimeBox 1 v8
Ontwerp door: Gijs Vis
Schaal: 1:4
Datum uitgave: 4.1.2023






SlimeScraper 1 v1

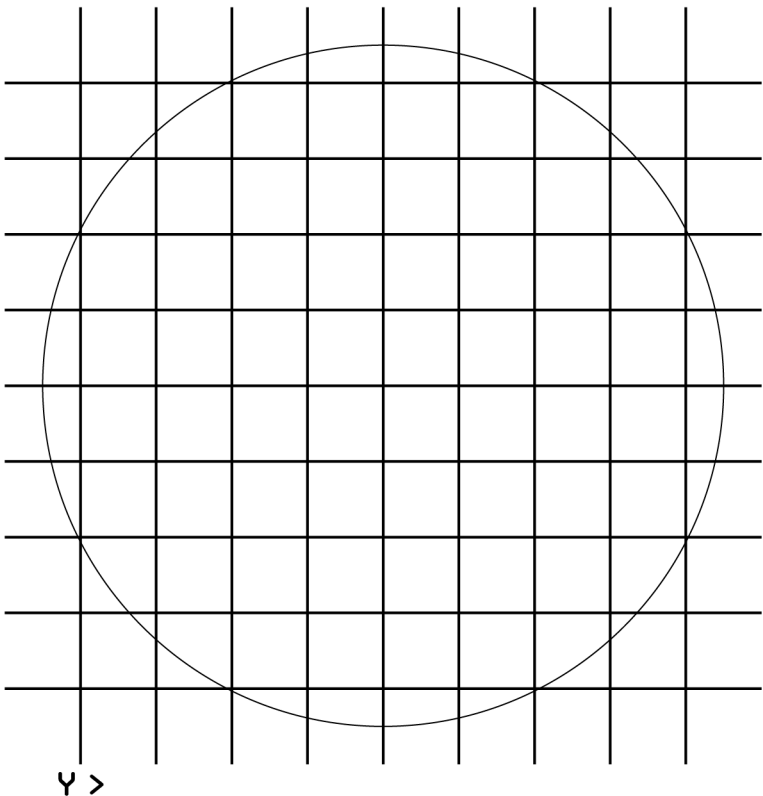
Ontwerp door: Gijs Vis

Schaal: 1:1

Datum uitgave: 4.1.2023







Naam experiment:


Datum start:

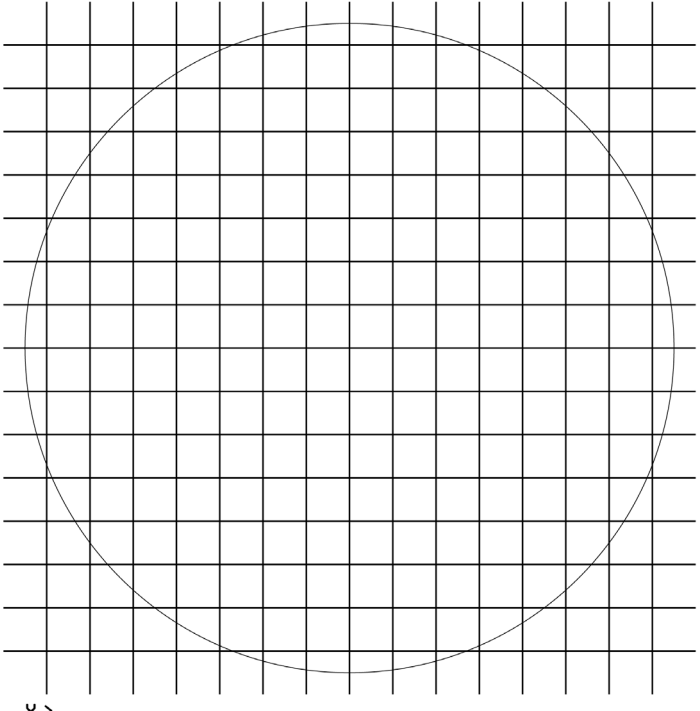
Datum eind:

Bijlage 6: Slime XY experiment bodem 150mm

1 / 1

Schaal 1:1,75



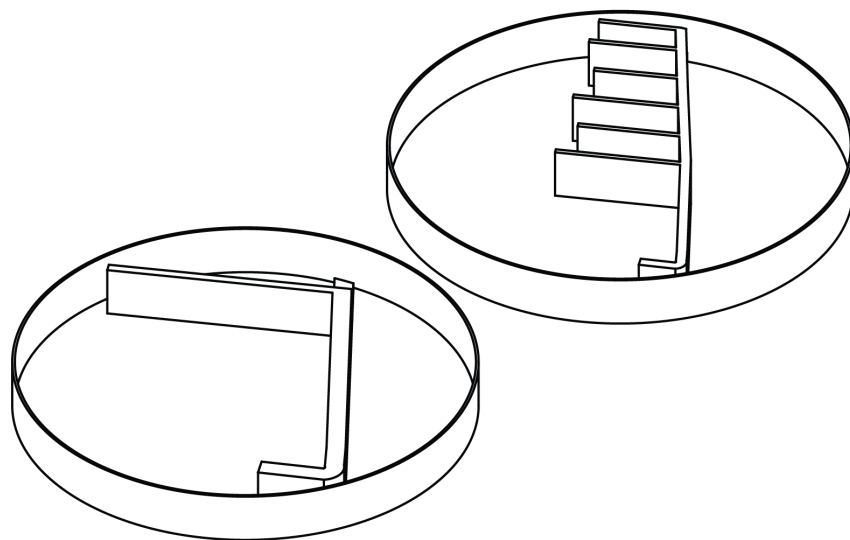


Naam experiment:

Datum/tijd start:

Datum/tijd eind:

13/14



PetriInserts 1 v1

Ontwerp door: Gijs Vis

Schaal: 1:1.2

Datum uitgave: 4.1.2023

