



# SIENIPOHJAISET MATERIAALIT

Aleksi Peltonen

# Sienipohjaiset materiaalit

Lahden Ammattikorkeakoulu  
Muotoilu- ja taideinstituutti  
Muotoilun koulutusohjelma  
Kalustemuotoilu  
Opinnäytetyö AMK 85 sivua  
Kevät 2018

Alexi Peltonen



## Tiivistelmä

Opinnäytetyössäni esittelen tutkimuksiani sienipohjaisista materiaaleista. Kyseisten materiaalien käyttö on vielä uutta ja sisältää paljon potentiaalia sekä mahdollisuuksia, joita ei olla toistaiseksi hyödynnetty.

Sienipohjaisista materiaaleista on mahdollista tehdä loputon määrä erilaisia materiaaleja. Valmista tietoa sienimateriaaleista on hyvin vähän, joten opinnäytetyöni perustuu pääosin omaan tutkimukseeni.

Työni koostuu neljästä vaiheesta:

1. Taustatutkimus
2. Materiaalitutkimus
3. Tuotesuunnitelu materiaalitutkimuksen pohjalta
4. Tuotteen valmistus

Avainsanat:

Biokomposiitti  
Sienirihmasto  
Sienimateriaalit  
Biomateriaali  
Materiaalitutkimus

## Abstract

*My thesis is about fungal based materials. Using these materials is still quite new and there is still lot of potential, which has not yet been advantaged. There is very little information shared about fungal materials, so my thesis is mainly based on my own research.*

*My thesis consists four phases:*

- 1. Background research*
- 2. Material research*
- 3. Product design based on material research*
- 4. Product manufacturing*

*Keywords:*

*Biocomposite  
Mycelium  
Fungal materials  
Biomaterials  
Material research*

# Sisällysluettelo:

1. Johdanto
  - 1.1 Aihe ja tausta
  - 1.2 Tutkimusasetelma
2. Sienten viljely
  - 2.1 Sienten viljely ravinnoksi
  - 2.2 Lääketiede
3. Sienimateriaalit
  - 3.1 Sienikomposiitit
  - 3.2 Sieninahka
    - 3.2.1 Kääpänahka
    - 3.2.2 Kombutsanahka
  - 3.3 Sienipaperi
4. Yritykset & Tutkimustyö
  - 4.1 MycoWorks
  - 4.2 Ecovative
  - 4.3 Mogu
  - 4.4 Mycotech
  - 4.5 Redhouse
5. Materiaalitutkimus
  - 5.1 Hanskalaatikko
  - 5.2 Toissijaisen kasvualustan valmistaminen
  - 5.3 Sienikomposiitit
    - 5.3.1 Valmiit sienikomposiitit
  - 5.5 Muottitesti
  - 5.6 Kombutsanahka
6. Sienikomposiittien jatkokehitys
  - 6.1 Jatkokehityksen suunnittelu
  - 6.2 Jatkokehitystesti - levyrakenne
  - 6.3 Materiaalikoekilut Lakkakäävällä
    - 6.3.1 Valmiit Lakkakääpä testit
7. Tuotesuunnittelu
  - 7.1 Akustiikkapaneeli
  - 7.2 Istutusruukku
  - 7.3 Valaisin
8. Tuotantoprosessi
9. Lopputulos
10. Arviointi
  - 10.1 Lopputulos
  - 10.2 Prosessi
11. Lähteet
12. Kvalälhteet



# 1. Johdanto

## 1.1 Aihe ja tausta

Kivikausi, pronssikausi, rautakausi - ihmisen historia kuvataan ajanjaksolla käytettyjen materiaalien perusteella. Olemme eläneet pian 100 vuotta muovin aikakautta. Muovia käytetään lähes mihin vain ja se on levinnyt kaikkialle, jopa juomavesiimme. (1) Öljy tulee loppumaan vielä tämän vuosisadan aikana, jonka jälkeen emme saa enää valmistettua neitseellistä muovia. Uusia materiaaleja on kehitettävä vanhojen fossiilipohjaisten tilalle. (2) Seuraava aikakausi jolle siirrymme tulee olemaan biokausi. Merkkejä tästä näkyy ympäri maailman, biomateriaaleja kehitetään jatkuvasti korvaamaan vanhoja materiaaleja, kuten muoveja ja tekokuituja. (3) Biotekniikan kehityksellä on kaavailtu olevan yhtä suuri vaikutus tulevaisuuteemme kuin teollisuuden kehityksellä 1700-1800-lukujen taitteessa. Sienimateriaalit tulevat varmasti olemaan yksi merkittävimmistä materiaaleista käynnissä olevassa bioteknologisessa vallankumouksessa.

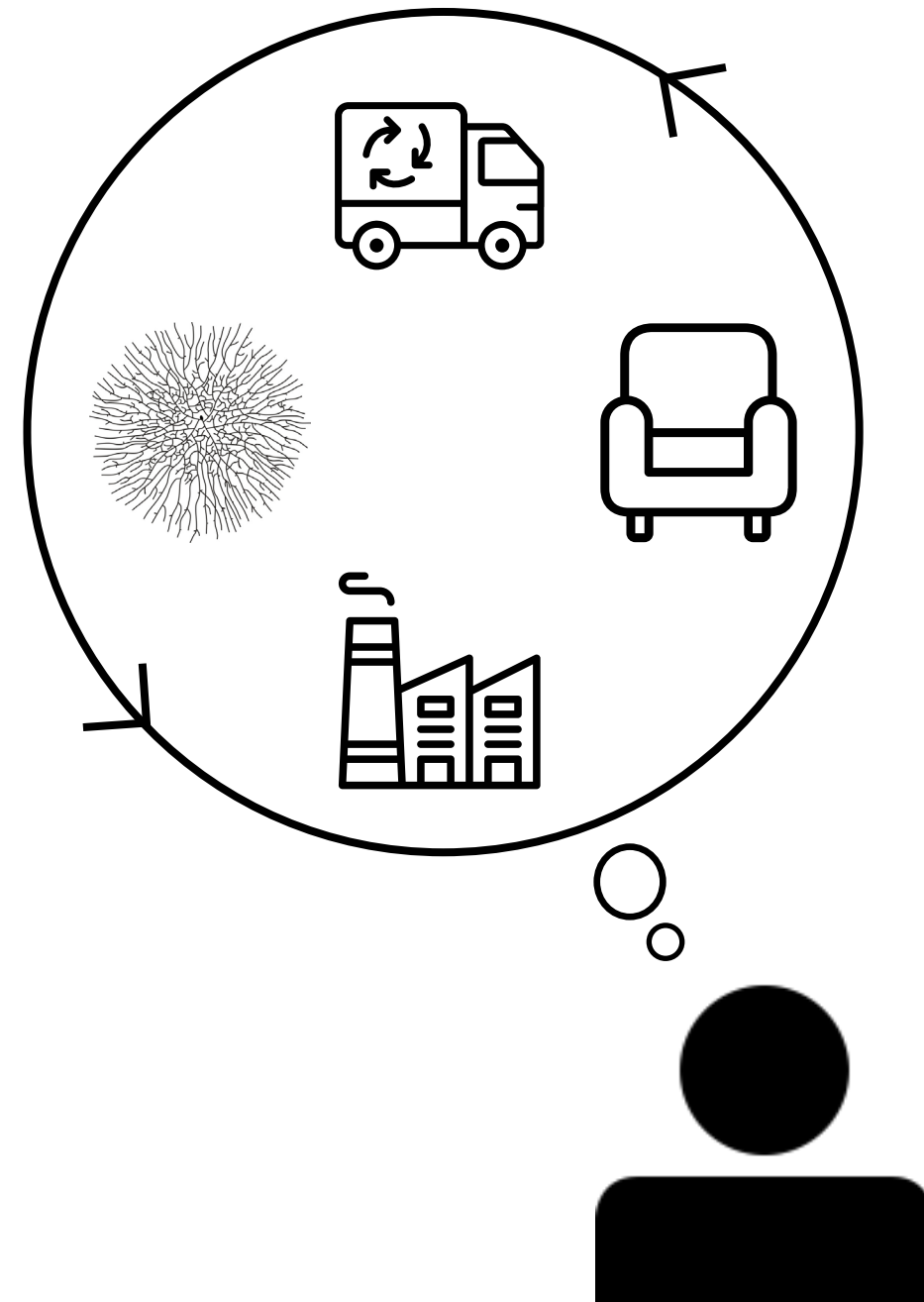
Opinnäytetyössäni halusin tutkia toistaiseksi vähemmän tunnettuja biomateriaaleja - sienipohjaisia. Näin ensimmäistä kertaa Helsingissä järjestettävässä Myco Hacklab-tapahtumassa muutaman näytteen sienimateriaaleista ja ymmärsin heti niiden potentiaalin. Halusin lähteä tutkimaan aihetta muotoilun näkökulmasta ja suorittaa omia materiaalikokeiluja.

Kuva 4. - Osterivinokas ( *Pleurotus ostreatus* )



## 1.2 Tutkimusasetelma

Opinnäytetyössäni pohdin ja tutkin sienipohjaisten materiaalien hyödyntämistä erilaisiin käyttötarkoituksiin. Kokeilin erilaisia materiaaleja, yhdistelmiä ja mietin niiden käyttökohteita. Kerätyn tiedon perusteella suunnittelin konseptuaalisia protomalleja valmistamistani materiaaleista. Mietin lopuksi materiaaleille tuotantoprosessin sekä kiertokulun.



## 2. Sienten viljely

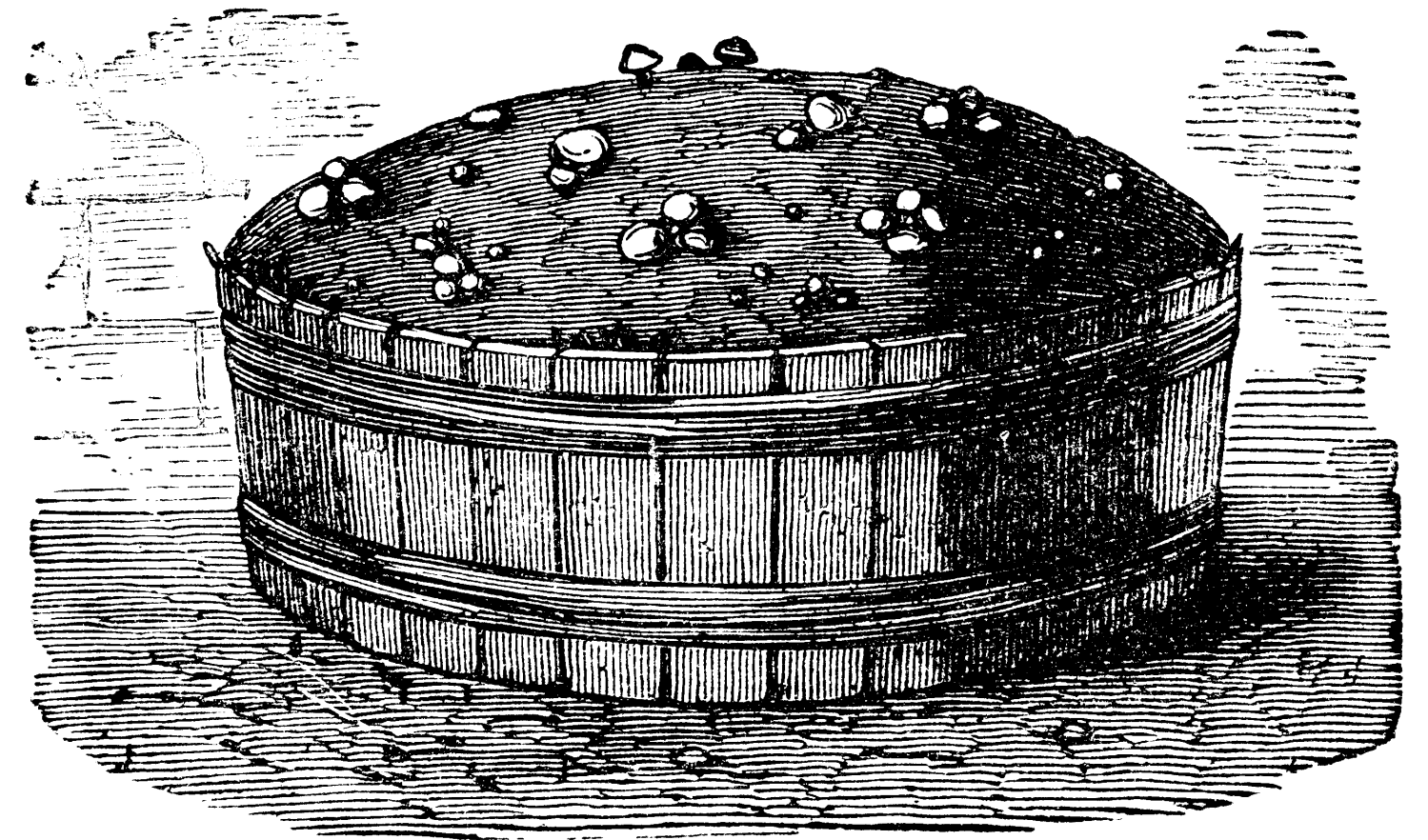


## 2.1 Sienten viljely ravinnoksi

Hiivoja ja homeita on käytetty pitkään ruuantuotannossa. Käyttötarkoituksia näille sienille ovat esimerkiksi: leivonta, viinit, oluet, juustot ja muut hapatetut maitotuotteet.

Kauko-Idässä on viljelty ravinnoksi mm. siitakesieniä (*Lentinula edodes*), puunkorvia (*Auricularia*), sekä talviuurekasta (*Flammulina velutipes*) jo satoja vuosia. Euroopassa viljelyherkkusienen (*Agaricus bisporus*), tuotanto on alkanut jo 1700-luvulla. (4)

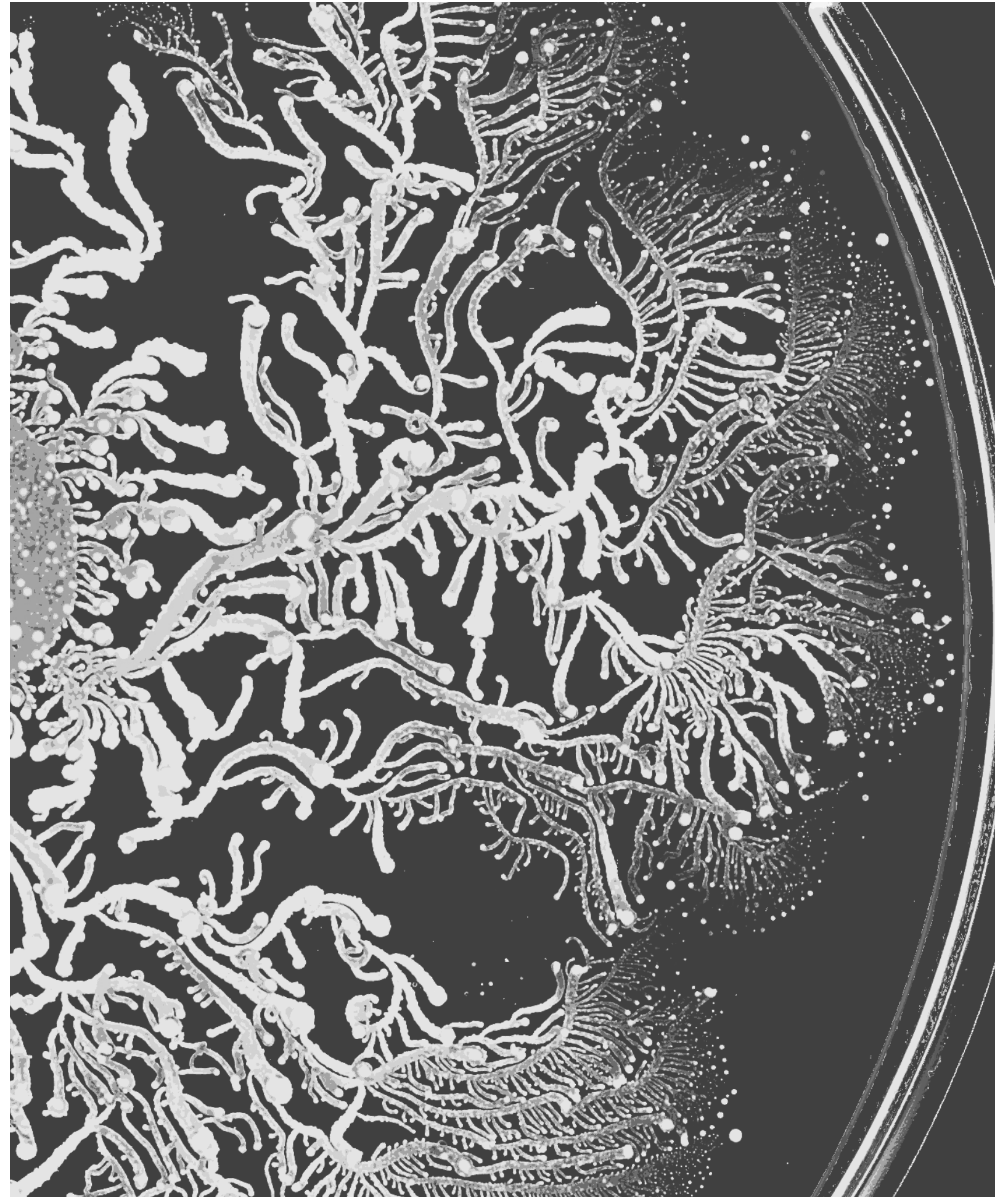
Ylivoimainen maa sienten viljelyssä tilastollisesti on Kiina, jossa viljeltiin vuonna 2013 peräti 7 miljoona tonnia sieniä, joiden arvoksi on arvioitu yli 12 miljardia dollaria. Suomessa tuotettiin samana vuonna 1,5 tuhatta tonnia sieniä, joiden rahallinen arvo oli noin 2,6 miljoonaa dollaria. (5) Sienten viljelyssä liikkuu isot rahat, joilla voitaisiin nostaa huomattavasti Suomen maatalouden tuottoa. Sienten viljely sopisi hyvin maa- ja metsätalouden sivuelinkeinoksi. Kasvatus onnistuisi esimerkiksi metsässä harvennusalojen kannoissa ja ylijäämäpuussa. (6)



Culture du Champignon dans un baquet.

## 2.2 Lääketiede

Sieniviljelyä hyödynnetään lääketieteessä diagnostiseen käyttöön, jolloin voidaan varmistaa taudinaiheuttaja. (7) Sienet ovat toimineet myös monen lääkkeen raaka-aineena, kuten penisiliinin. (8) Sienet kuuluvat myös olennaisena osana perinteiseen kiinalaiseen lääketieteeseen. (9)



Kuva 6. Bakteeriviljelmä

# 3. Sienimateriaalit

### 3. Sienimateriaalit

Sienimateriaalit koostuvat useimmiten rihmastoista ja erilaisista kasvualustoista. Prosessi on melko yksinkertainen, eikä kalliita laboratorioita välttämättä tarvita. Sienirihmasto istutetaan kasvualustaan ja annetaan kasvaa siihen, kunnes kasvu pysäytetään kuivattamalla. Lopputuloksena on kiinteä materiaali, jonka ominaisuudet vaihtelevat sienilajin ja kasvualustan mukaan.

### 3.1 Sienikomposiitit

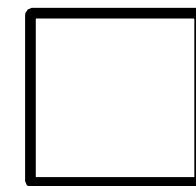
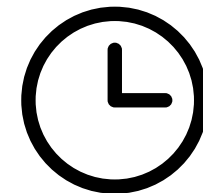
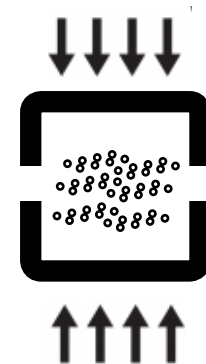
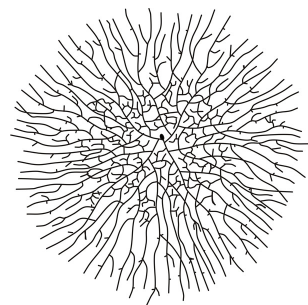
Sienikomposiitit koostuvat sienirihmastosta ja kasvualustasta. Rihmasto toimii komposiitissa sidosaineena. Komposiitteja on mahdollista varioida loputtomasti vaihtelemalla: sienilajiketta, kasvualustan ainesosia ja niiden keskinäisiä suhteita. Sienikomposiiteista on mahdollista saada erittäin kestäviä, palamattomia, kevyitä, vettä hylkiviä sekä biohajoavia materiaaleja. (10)

Komposiittien kasvualustojen raaka-aineena toimivat esimerkiksi maatalouden, rakennus- tai puuteollisuuden tuottamat jätteet. Tutkimuksessani keskityin erityisesti sienikomposiitteihin, sillä tämän tekniikan avulla voidaan korvata perinteisiä teollisuudessa käytettyjä muotopuristemateriaaleja, kuten polyuretaani. Tarkoitukseen sopivia sienilajikkeita ovat esimerkiksi erilaiset osterivinokkaat (*Pleurotus ostreatus*) ja lakkakäävät (*Ganoderma lucidum*). (10)



Kuva 7. Pakasterasiaan kasvatettu komposiitti ennen kuivattamista.

# Sienikomposiitin valmistusprosessi



1. Sienirihmasto kasvatetaan haluttuun raaka-aineeseen, kunnes rihmasto on vallannut koko kasvualustan.

2. Esikasvatettu materiaali sekoitetaan hyvin ja istutetaan sen jälkeen muottiin.

3. Sienirihmaston annetaan kasvaa uudestaan 7-10 päivää muotissa.

4. Kappale otetaan pois muotista ja kasvu pysäytetään lämmöllä (n.100-150 °C, kuivatusaika vaihtelee kappaleen koon mukaan), samalla materiaali kuivuu ja saavuttaa lopullisen lujuuden.

5. Lopputuloksena kiinteä kappale, jonka ominaisuudet vaihtelevat sienilajikkeen ja kasvualustan mukaan.

## 3.2 Sieninahka

Sienipohjaista nahkaa voi tehdä ainakin kolmella eri lajikkeella: kombutsa (kombutša, kombucha), silkkivyökääpä (Trametes versicolor) ja lakkakääpä eli reishi (Ganoderma lucidum). Kaikille lajikkeille on oma tekniikkansa, jolla saadaan valmistettua nahkamaista materiaalia.

### 3.2.1 Kääpänahka

Lakkakäävästä ja silkkivyökäävästä saadaan valmistettua eläinperäisen nahan näköistä materiaalia. Sitä pystytään värjäämään ja käsittelemään aivan kuin eläinperäistä nahkaa. Lakkakääpä kasvatetaan kannellisessa astiassa, joka on lähes täynnä kasvumateriaalia. Sieni kasvatetaan kasvualustan ja kannen väliin tiukaksi matoksi, joka kerätään sittemmin talteen. Lopuksi suoritetaan jälkikäsitteily. Kasvatustekniikalla on myös mahdollista luoda erilaisia tekstuureja nahan pintaan. Yhdysvaltalainen Mycoworks on tällä hetkellä ainoa yritys, joka kasvattaa sieninahkaa kaupallisesti. (14)

### 3.2.2 Kombutsa-nahka

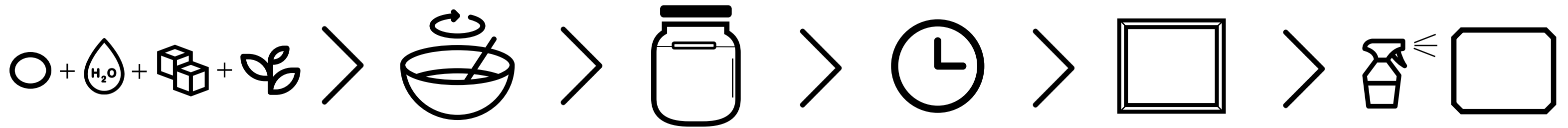
Kombutsa-viljelmä on laktobasillien ja hiivasienten muodostama organismi. Kombutsa tunnetaan paremmin teesienenä, joka on varsinkin Venäjällä erittäin suosittu juoma. Teetä juodaan erityisesti sen oletettujen terveysvaikutusten vuoksi. Juoma valmistetaan perinteisesti isossa lasiastiassa kaatamalla kylmää, sokeroitua ja vahvaa teetä sienen päälle. Reilun viikon kuluessa juoma on valmis nautittavaksi. Sieni kasvaa prosessin aikana useiden senttimetrien paksuiseksi.

Kombutsa-nahkaa tehdessä sieni kasvatetaan laakeassa astiassa, jolloin saadaan yhtenäinen iso sieni. Riittävän paksuksi kasvanut sieni kerätään talteen ja laitetaan kuivumaan kehikkoon, jonka jälkeen lopputuloksena on jäykkää läpikuultavaa materiaalia. Lopputuloksesta saadaan nahkamaisempi ja taipuisa suihkuttamalla pintaan erilaisia luonnonvahoja tai öljyjä, kuten mehiläisvahaa tai kookosöljyä. Pintaan voi luoda myös tekstuuria kuivattamalla sienen kuviollisen pinnan päällä tai lämmittämällä. (11)



Kuva 8. Näytteitä Mycoworksin sieninahasta

# Kombutsa-nahan valmistusprosessi



1. Raaka-aineet:  
kombutsasieni, vettä,  
sokeria, teetä.

2. Ensin keitetään sokeroitu  
tee ja annetaan jäähtyä  
huoneenlämpöiseksi.

3. Tee ja kombusta-viljelmä  
laitetaan astiaan, joka  
suljetaan hengittävällä  
materiaalilla.  
Mitä laakeampi astia, sitä  
kookkaampi sieni pinnalle  
kasvaa.

4. Odotetaan 10-20 päivää,  
jonka aikana astian pinalle  
kasvaa uusi sieni.

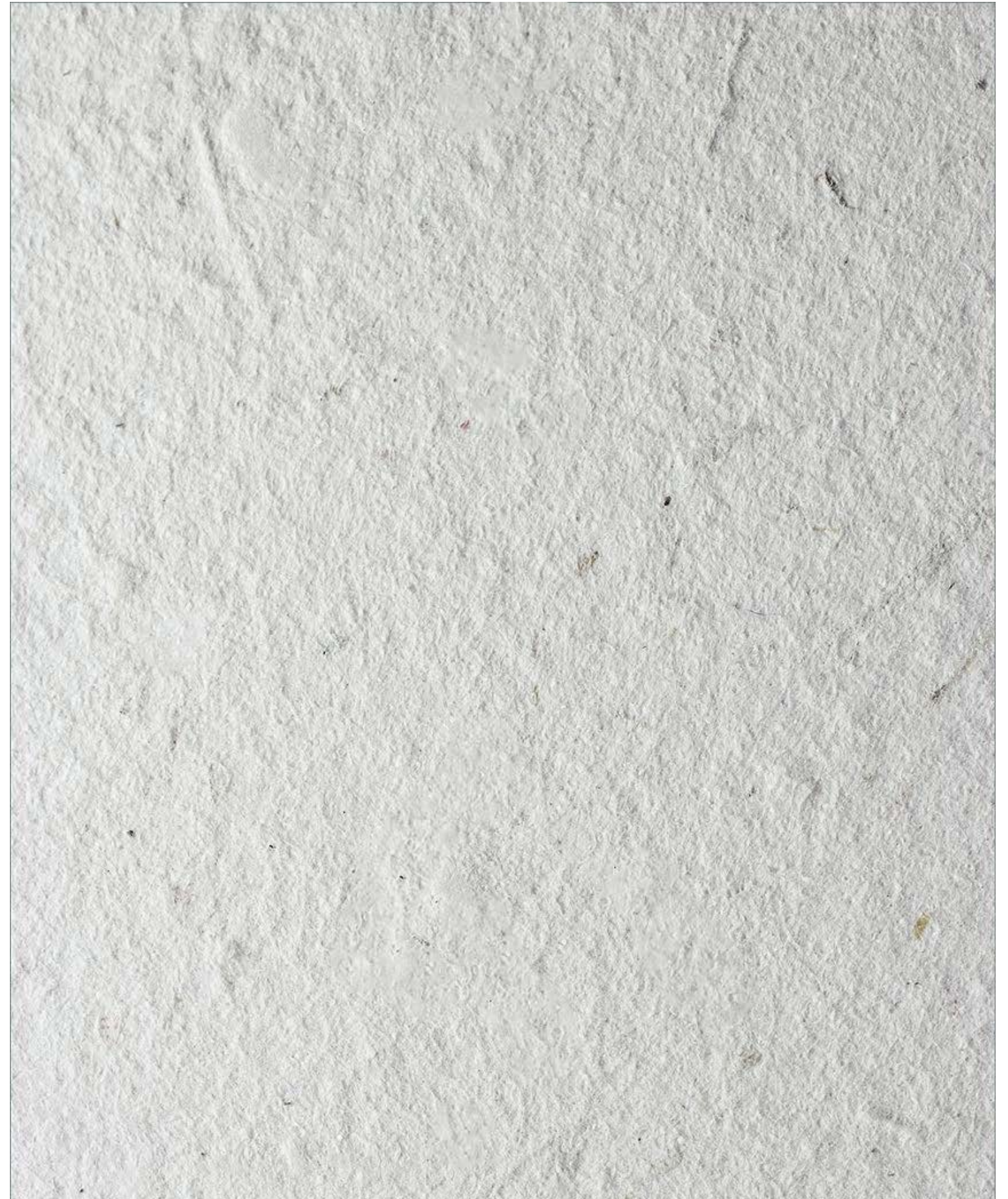
5. Sieni kerätään talteen  
nesteeseen pinnalta ja laitetaan  
kehyksiin kuivumaan, kunnes  
se on täysin kuiva.

6. Kuivauksen jälkeen pinalle  
suihkutetaan öljyä/vahaa  
ja annetaan sen imeytyä.  
Ylimääräinen öljy pyyhitään  
pois, jonka jälkeen  
kombutsa-nahka on valmis  
käyttöön.



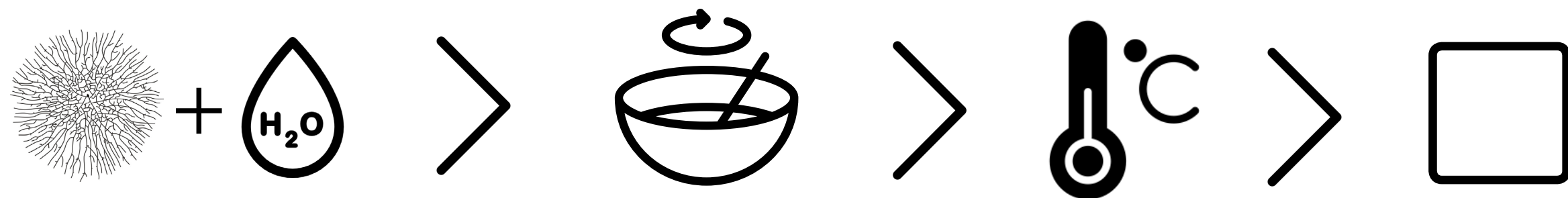
### 3.3 Sienipaperi

Sienipaperia voidaan tehdä pelkästä sienirihmastosta. Rihmasto kerätään talteen, jonka jälkeen se sekoitetaan veteen. Lopputuloksena on selluloosamaista massaa, josta saadaan kuivatettua paperimaista materiaalia. (12)



Kuva 9. Sienipaperia

# Sienipaperin valmistusprosessi



1. Raaka-aineet  
sienirihmastoja ja vettä

2. Raaka-aineet  
sekoitetaan yhteen ja  
levitetään ohueksi ja  
tasaiseksi massaksi.

3. Massa kuivatetaan

4- Lopputuloksena  
sienipaperia



## 4. Yritykset & Tutkimustyö

## 4.1 MycoWorks

MycoWorks on San Franciscossa 2013 perustettu start-up yritys. Yritys aloitti tekemällä sienikomposiitteja rakennusmateriaaliksi. Mikään rakennusyritys ei kuitenkaan lähtenyt tuotantoon mukaan materiaalin korkean hinnan takia. Yritys siirtyi tämän jälkeen valmistamaan sienipohjaista nahkaa, joka osottautui erinomaiseksi materiaaliksi. He lupaavat materiaalilla olevan jopa paremmat ominaisuudet, kuin eläinperäisellä nahalla. MycoWorks tutkii myös uusia mahdollisuuksia hyödyntää sienipohjaisia materiaaleja.

Yhtiön pääteknikko Phil Ross on tutkinut sieniä 1980-luvulta asti. Ross uskoo että tulevaisuudessa sienimateriaaleista tullaan rakentamaan lähes kaikkea: robotteja, autoja, pattereita, taloja, vaatteita. (13,14)





Kuva 11. ©Mycoworks - Sieninahkaa

## 4.2 EcoVative

EcoVative on toiminut vuodesta 2007 New Yorkin Green Islandilla. Yritys sai alkunsa perustajien Eben Bayerin ja Gavin McIntyren yliopistoprojektista. EcoVative valmistaa ekologisia vaihtoehtoja pakkaus- ja rakennusmateriaaleille sienikomposiiteista. Heidän kehittämänsä materiaalin valmistus käyttää 98% vähemmän energiaa kuin styroksia valmistettaessa.

EcoVativella on patentti heidän käyttämäänsä tuotantolinjastoon. Yrityksellä on myös runsaasti muita patenteja sienipohjaisiin materiaaleihin. Patentit ovat aiheuttaneet ärtymystä bioteknikoiden keskuudessa, sillä ne vaikeuttavat sienimateriaalien tutkimusta ja kaupallista kehittämistä. Patenttien laillisuutta on myös kyseenalaistettu. (15)(16)





Kuva 13. ©Ecovativen materiaalinäytteitä

### 4.3 Mogu

Mogu on Italialainen Maurizio Corpuscolin ja Stefano Babbinin perustama yritys. Yritys on keskittynyt tutkimaan biomateriaaleja synteettisten materiaalien tilalle teollisuuden tarpeisiin. Mogu tekee yhteistyötä yksityisten yritysten sekä yliopistojen kanssa, kuten Utrecht University, University of Pavia. (17)(18)



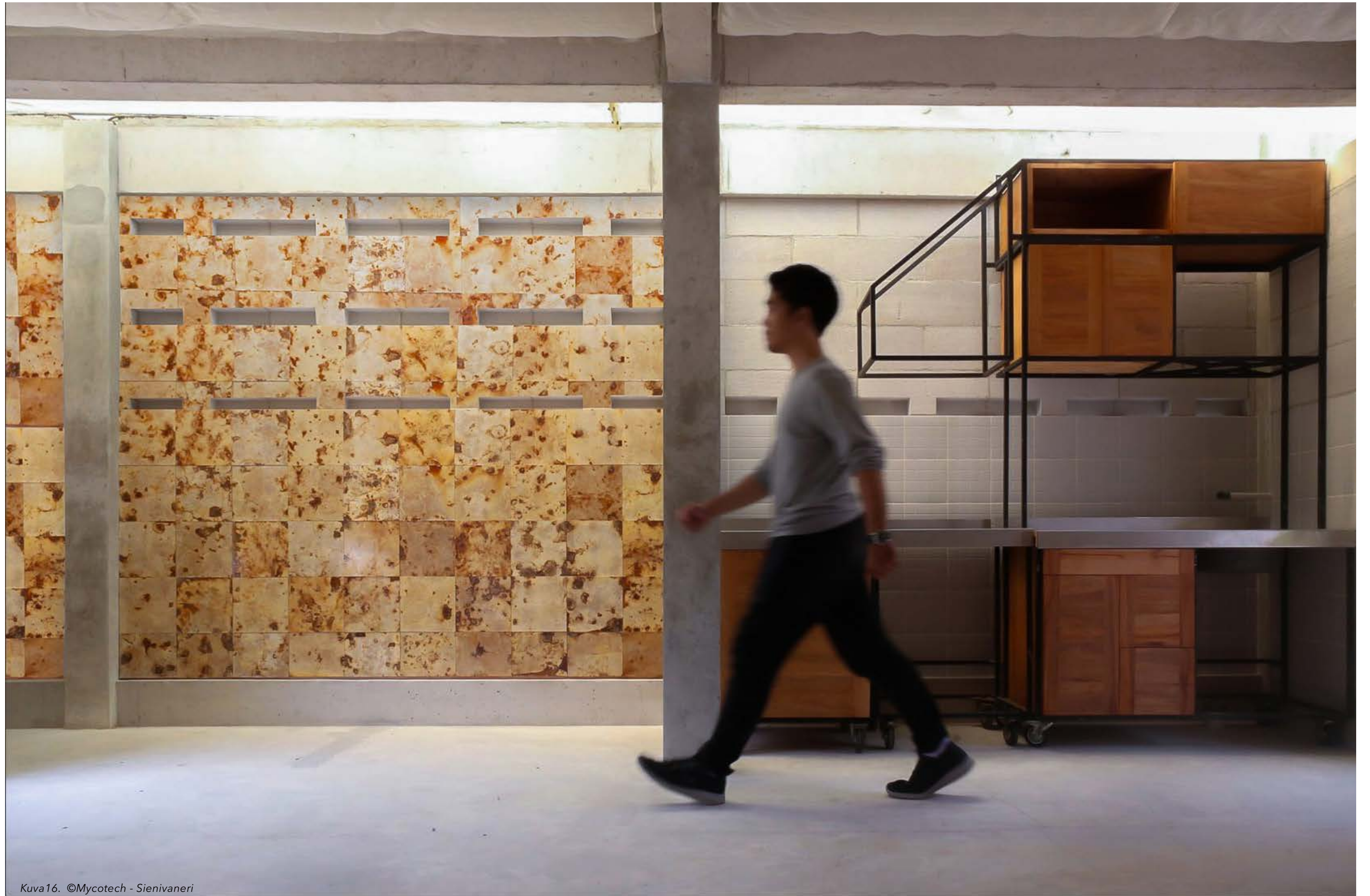


#### 4.4 Mycotech

Mycotech on 2012 perustettu indonesialainen yritys, joka kasvatti aluksi ruokasieniä. Työntekijät havaitsivat, että kasvualustoista kehittyi vuoden sisään erittäin kovaa materiaalia. Havainnon innoittamana he alkoivat kehittämään sienikomposiitteja. Komposiitti jota he valmistavat koostuu bambusta ja sienirihmastosta. Mycotechin päätuote on 30x30 kokoinen paneeli, joka muistuttaa etäisesti marmorilevyä. He kutsuvat tätä materiaalia nimikkeellä "mycelium veneer", sienivaneri. (19)



Kuva 15. ©Mycotech -"Mycotree"



#### 4.5 Redhouse

Redhouse on 2014 Ohion Cleavelandissa perustettu yritys. Chrisopher Maurer on yhtiön perustaja ja pääarkkitehti. Maurer toimii myös Kent Staten yliopiston apulaisprofessorina. Redhouse valmistaa rakennusjätteestä sienikomposiitteja, joita voidaan käyttää rakentamiseen. Valmistuksen lisäksi he tekevät tutkimustyötä ja suunnittelua. (20)



A microscopic view of paper fibers, showing a dense network of light-colored, fibrous structures. The fibers are irregular in shape and size, with some appearing as thin, elongated strands and others as more rounded, clumped masses. There are numerous small, dark brown and black spots scattered throughout the fiber network, which could be inclusions, impurities, or signs of degradation. The overall texture is rough and uneven.

## 5. Materiaalitutkimus

## 5. Materiaalitutkimus

Tutkimuksen alussa minulla ei ollut juurikaan käytännön tietoa sienten kasvattamisesta tai sienipohjaisten materiaalien valmistuksesta. Helsingissä järjestetyssä Myco Hacklabissa kuulin muutamia ajatuksia siitä, kuinka aihetta olisi hyvä lähteä tutkimaan. Luin sienten kasvatuksesta muutamia artikkeleita ja sovelsin sienten kasvualustojen ohjeita materiaalien suunnittelussa. Ainoa kriteeri kasvualustoille, eli tuleville materiaaleille oli, että osterivinokas pystyi kasvamaan niissä.

Sain Myco Hacklabista pieniä määriä eri osterivinokkaiden rihmastoja, joilla pääsin aloittamaan tutkimustani. Ensimmäinen vaihe oli saada kasvatettua rihmastoa enemmän, jotta sitä voitaisiin istuttaa erilaisiin kasvualustoihin. Koska rihmastoa oli hyvin vähän, oli se altis muille bakteereille. Tämän takia täytyi olla hyvin tarkka hygienian kanssa. Jos rihmastojen sekaan olisi päässyt jokin haitallinen bakteeri, se olisi voinut tuhota koko rihmaston. (21)(22)



Kuva 19. Hygienian parantamiseksi: hiusverkko, hengityssuoja, kumihanskat.

## 5.1 Hanskalaatikko

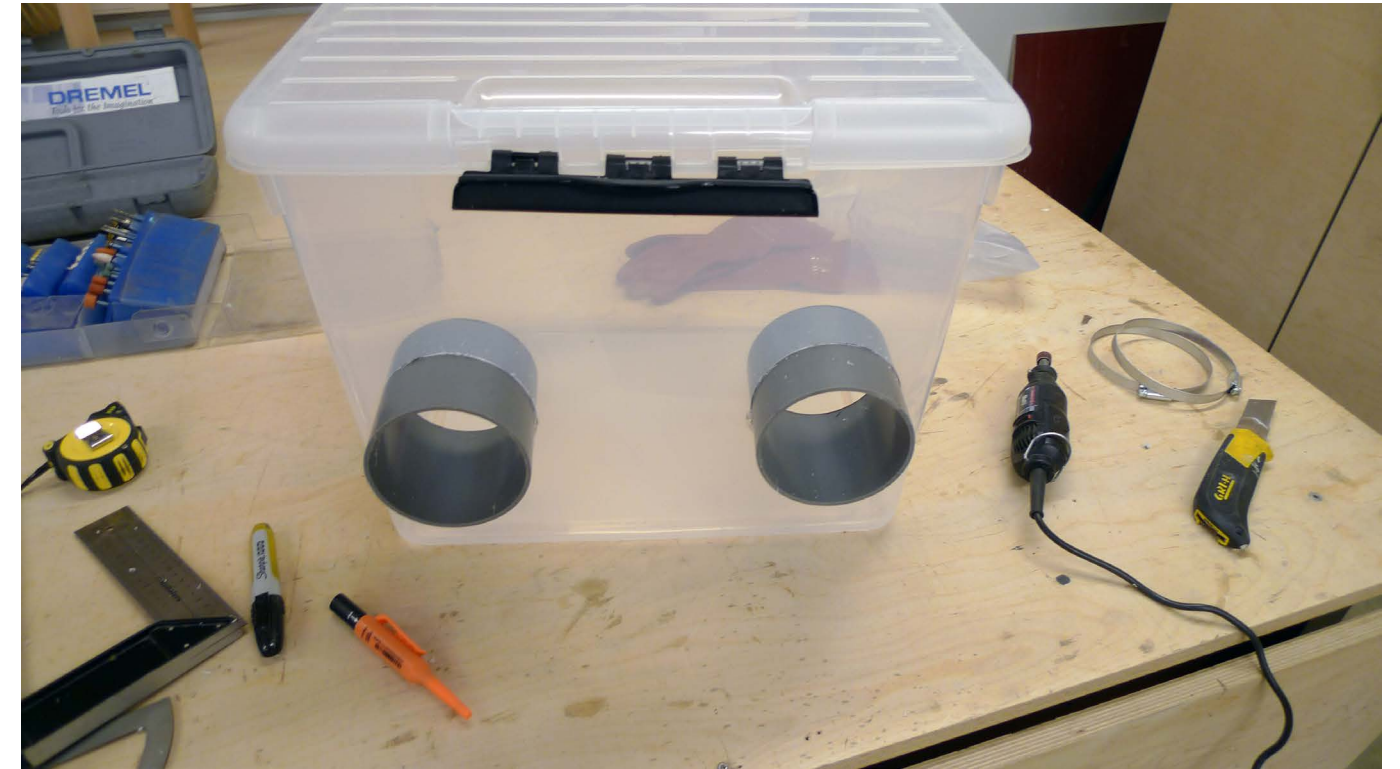
Kotiloissa steriiliä ympäristöä on liki mahdoton saavuttaa, mutta helpoin tapa eristää työskentelytila bakteereilta oli hanskalaatikon rakentaminen. Vastaavia laatikoita käytetään laboratorioissa, mutta niiden kalliin hinnan vuoksi oli järkevämpää rakentaa hanskalaatikko itse. Tätä varten tarvitsin ison kannellisen muovilaatikon, viemäriputkea, pitkävartiset kumihanskat, letkukiristimiä, saniteettisilikonia ja tiivistenauhaa. Ohjeita hanskalaatikon rakentamiseen löytyi internetistä runsaasti. (26)



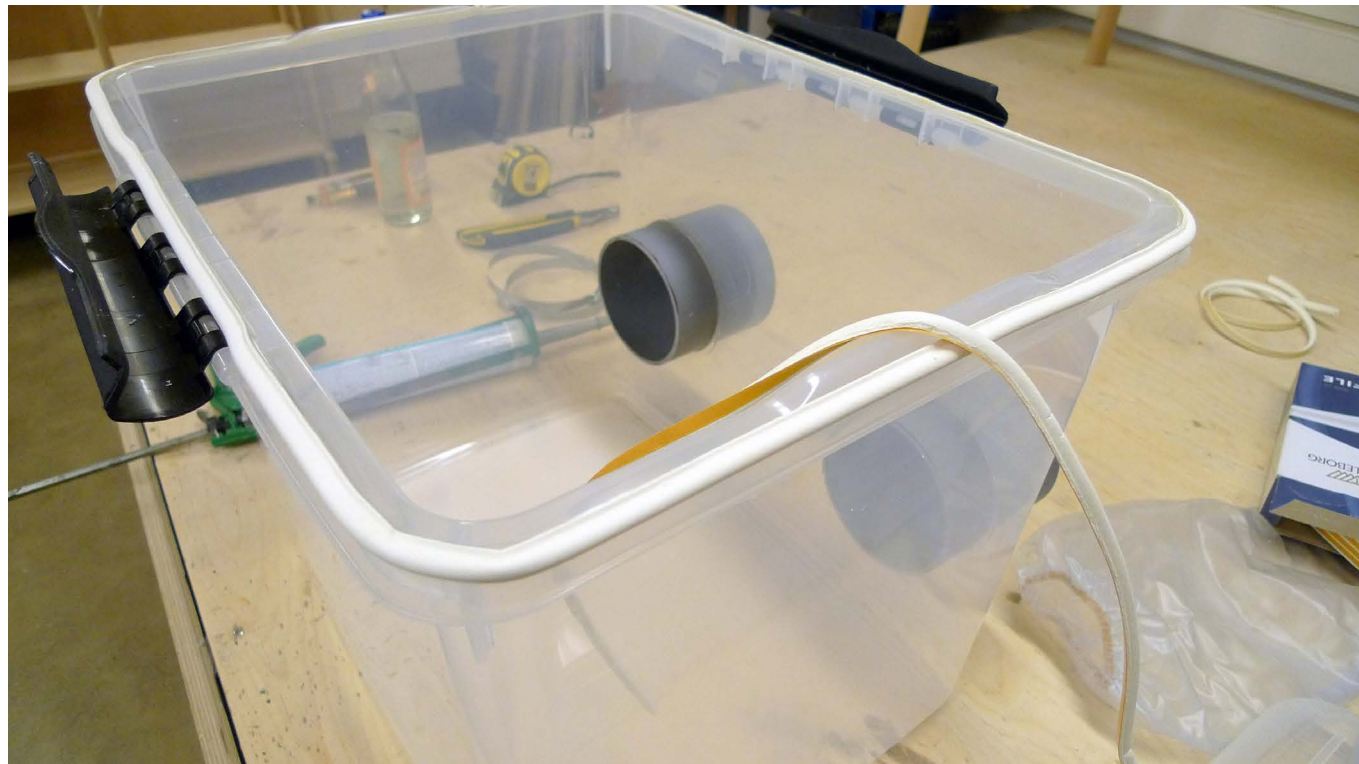
Kuva 20. Hanskalaatikko valmiina.



Kuva 21. Ensimmäinen vaihe oli tehdä reiät laatikkoon putkia varten.



Kuva 22. Putket paikoillaan.



Kuva 23. Tiivistenauhaa laatikon ja kannen tiivisteeksi.



Kuva 24. Putkien tiivistys silikonilla, jonka jälkeen hanskat kiinnitetään letkukiristimillä putken päihin.

## 5.2 Toissijaisen kasvualustan valmistaminen

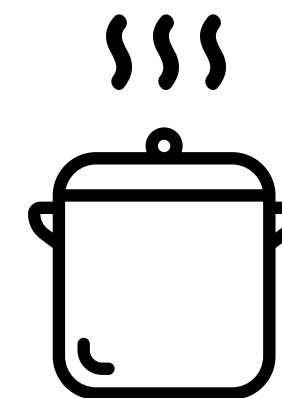
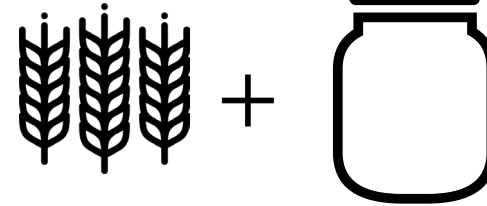
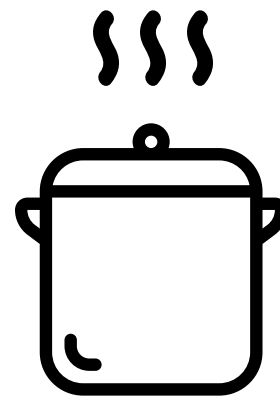
Toissijaisessa kasvualustassa on tarkoitus kasvattaa rihmasto suuremmaksi, jotta kasvu lähtisi lopullisessa kasvualustassa varmemmin ja nopeammin alkuun. Toissijainen kasvatus tapahtuu parhaiten lasipurkissa, jossa on jyviä (vehnä, ruis ja erilaiset linnunsiemensekoitukset käyvät hyvin).



Kuva 25. Vehnänjyviä pastöroituna ja valmiina käyttöön.



## Toissijaisen kasvualustan valmistaminen



1. Jyvät huuhdotaan huolellisesti ja liotetaan yön yli, jotta mahdolliset bakteerit alkaisivat itämään.

2. Liotetut jyvät keitetään pehmeiksi ja annetaan kuivua.

3. Kuivat jyvät laitetaan desinfiointuihin lasipurkkeihin, joiden kannessa on reikiä. Reiät on peitetty hengittävällä teipillä/filterillä.

4. Kansien päälle laitetaan folio, jottei vesi pääse kondensoitumaan purkkeihin. Tämän jälkeen purkit steriloidaan painekattilassa keittämällä niitä n. 90min.

5. Steriloinnin jälkeen purkkien annetaan jäähtyä, jonka jälkeen niihin voi istuttaa haluamansa sienirihmaston.



Kuva 26. Rihmastojen istuttaminen toissijaisiin kasvualustoihin.



Kuva 27. Sienirihmasto kasvamassa vehnäniyvissä.

### 5.3 Sienikomposiittit

Luodakseni omia sienimateriaaleja piti päättää ensin käytettävät raaka-aineet. Lähdin tekemään erilaisia materiaalipohjia: olkipelletistiä, puupurusta, kahdesta eri hamppukuidusta, sekä mäntysellusta. Päädyin kymmeneen erilaiseen seokseen, joissa käytin edellämainittuja raaka-aineita. Jokaisen seoksen suhde oli 1:1. Sieneksi valikoitui harmaa osterivinokas sen nopean kasvun vuoksi.

Kaikki materiaalit lukuunottamatta sellua ja pellettiä tuli pastöroida ennen käyttöönottoa. Sellun ja pelletin valmistusprosessissa bakteerit olivat jo valmiiksi kuolleet, eikä erillistä pastörintia tarvittu.

Esivalmistelujen jälkeen pystyin istuttamaan rihmaston esikasvatusta varten. Esikasvatuksen jälkeen siirsin materiaalit pienempiin rasioihin ja painelin massan tiiviiksi. Lopullisissa muoteissa kasvatin rihmastoja 8 päivää, jonka jälkeen kuivatin testikappaleita uunissa 120 celciuksessa kuuden tunnin ajan.

Seokset:

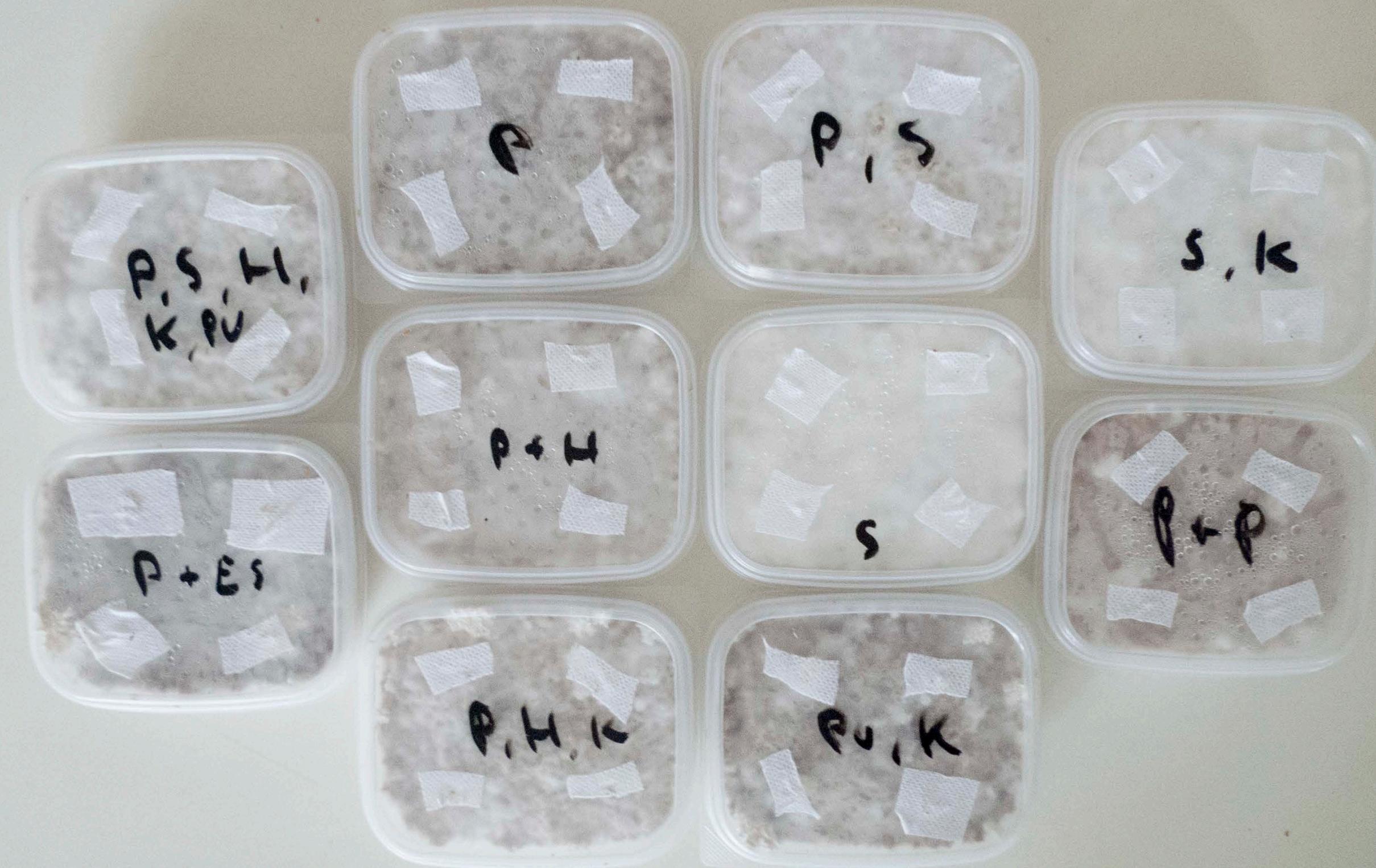
1. Pelletti, sellu, hamppuruhe, hamppukuitu, puupuru
2. Pelletti + energiajuoma (sokeri nopeuttaa rihmaston kasvua)
3. Pelletti
4. Pelletti, hamppuruhe
5. Pelletti, hamppuruhe, hamppukuitu
6. Pelletti, sellu
7. Sellu
8. Sellu, hamppukuitu
9. Pelletti, puupuru
10. Puupuru, hamppukuitu



Kuva 28. Raaka-aineet materiaalikokeiluihin: puupuru, hamppuruhe, hamppukuitu, olkipelletti ja mäntysellu.



Kuva 29. Esikasvatetut materiaalseokset



Kuva 30. Lopulliset muotit materiaalikokeille.



Kuva 31. Kahdeksan päivän jälkeen materiaalitestit ennen uunissa kuivattamista.

### 5.3.1 Valmiit sienikomposiitit

Kuivauksen jälkeen pääsin tutkimaan materiaaleja. Olennaisimpia tekijöitä tutkimuksessa olivat kestävyys, paino ja kuinka hyvin materiaali säilytti muotin muodon. Tekijöissä ilmeni paljon vaihtelua materiaalien välillä. Jatkokehittelyyn halusin löytää ainakin kaksi erilaista materiaalia, joiden ominaisuuksia pystyi hyödyntämään protomalleissa.

Arvioin materiaalien ominaisuuksia numeroasteikolla 1-5. Arviointikohteet oli materiaalin paino, lujuus, muotin muotojen mukailu sekä rihmaston kasvunopeus materiaalipohjissa. Jokaisen näytteen koko oli n. 110x90x25 mm.



Kuva 32. Valmiit sienikomposiitit



Materiaali 1. ( Pelletti, sellu, hamppuruuhe, hamppukuitu, puupuru)

Lujuus: 3  
Muoto: 4  
Kasvunopeus: 5  
Paino: 55 g



## Materiaali 2. ( Pelletti + energiajuoma)

Lujuus: 4  
Muoto: 4  
Kasvunopeus: 4  
Paino: 48 g



### Materiaali 3. ( Pelletti )

Lujuus: 4  
Muoto: 4  
Kasvunopeus: 3  
Paino: 52 g



Materiaali 4. ( Pelletti, hamppurouhe)

Lujuus: 2  
Muoto: 3  
Kasvunopeus: 4  
Paino: 39 g



Materiaali 5. ( Pelletti, hamppurouhe, hamppukuitu)

Lujuus: 2  
Muoto: 4  
Kasvunopeus: 5  
Paino: 40 g



Materiaali 6. (Pelletti, sellu)

Lujuus: 5  
Muoto: 5  
Kasvunopeus: 5  
Paino: 66 g



## Materiaali 7. ( Sellu )

Lujuus: 5  
Muoto: 5  
Kasvunopeus: 5  
Paino: 63 g



Materiaali 8. ( Sellu, hamppukuitu )

Lujuus: 5  
Muoto: 4  
Kasvunopeus: 5  
Paino: 53 g





Materiaali 9. ( Pelletti, puupuru )

Lujuus: 1  
Muoto: 4  
Kasvunopeus: 4  
Paino: 38 g



Materiaali 10. ( Pelletti, hamppukuitu )

Lujuus: 3  
Muoto: 4  
Kasvunopeus: 4  
Paino: 51 g



## 5.4 Testien tulokset

Lopputuloksena oli ominaisuuksiltaan hyvinkin erilaisia materiaaleja. Isoja eroja ilmeni mm. materiaalien lujuuksissa ja painoissa.

Kevyemmät materiaalit (1, 4, 5, 9, 10) soveltuisi hyvin esimerkiksi akustisiksi rakennuselementeiksi, eristeiksi, keveisiin muotopuristerakenteisiin tai pakkausmateriaaliksi styroksin ja styrofoamin korvaajaksi.

Lujemmat materiaalit (2, 3, 6, 7, 8) soveltuisivat rakennusmateriaaleiksi tai jäykempiin, rasiitusta kestäviin muotopuristeisiin.

Valitsin kaksi materiaalia joille lähdin miettimään käyttökohteita:

- 1.) Materiaali nro.1 (pelletti, sellu, hammppuruhe, hammppukuitu, puupuru) sen kestävyden ja elementtirakenteeksi soveltuvan keveyden vuoksi.
- 2.) Materiaali nro.6 (pelletti, sellu) oli kovaa ja mukaili muotin muotoja hyvin, joten se soveltuisi erinomaisesti erilaisiin muotopuristeisiin.



## 5.5 Muottitesti

Tein materiaalitestejä varten runsaasti olkipelletti pohjaista massaa (materiaali nro.3), koska halusin kokeilla sitä myös suurempaan muottiin. Materiaaleiksi ostin kierrätyskeskuksesta kaksi tuolia, joiden muovisista istuinosista sain tehtyä vaivattomasti testimuotin.

Testi sujui kasvatusvaiheessa hyvin, mutta ongelmat alkoivat kun testi oli valmis kuivattavaksi. Testikappale oli niin suuri, etten saanut sitä mahtumaan uuniin. Ratkaisuksi rakensin kuivatusteltan puukehikosta, sammutuspeitteistä ja kuumailmapuhaltimesta. Lämpötilaksi en saanut kuitenkaan kuin 70 celciusta, joka ei riittänyt. Lopulta testikappale murtui kuivausvaiheessa kappaletta siirreltäessä. Kuivatin lopuksi murtuneet osat erikseen uunissa 120 celciusasteessa.



Kuva 54. Olkipellettipohjainen materiaali esikasvamassa.



Kuva 55. Testimuotti



Kuva 56. Tuolien väli täytettynä esikasvatetulla olkipellettimassalla.



Kuva 57. Kymmenen päivän jälkeen muotti avattuna, ennen kuivatusta.



Kuva 58. Kuivatus kuumailmapuhaltimella itse tehdyssä kuivatusteltassa.

## 5.6 Kombutsa-nahka

Tein 40 litraa makeaa ja vahvaa mustaa teetä, jonka kaadoin laakeaan muovilaatikkoon. Teen sekaan laitoin valmiin kombutsasienen, joka laittaisi käymisprosessin liikkeelle. 14 päivän jälkeen nesteen pinnalle oli muodostunut paksu sieni. Testi epäonnistui kuitenkin hieman sienen jäätyä hyvin epätasaiseksi. Tämä johtui ilmakuplista, joita oli muodostunut teen ja sienen väliin. Kaikesta huolimatta sain leikattua sienestä pienempiä paloja, jotka antoivat hyvin näyttöä materiaalista, jota tekniikalla oli mahdollista tehdä. Lopputulos oli läpikuultava nahkamainen sieni. Materiaali tuntui kestävältä ja taipuisalta.

Vaikka ensimmäinen testi hieman epäonnistui, vakuutti se minut silti. Kyseinen tekniikka vaatii ehdottomasti vielä lisää tutkimusta, kuten eri kasvuaikoja, materiaalin värjäystä ja valmiin nahan jälkikäsittelyyn liittyviä testejä.





Kuva 59. Kombutsajuomaa valmistumassa. Pinnalla näkyy uusi sieni, joka on kasvanut prosessin aikana vanhan päälle.





Kuva 60. Isossa laatikossa kasvatettu kombutsa sieni, heti kuivatukseen laitettuna.



Kuva 61. Kuivanut kombutsasieni ennen öljyvaha käsittelyä.



Kuva 62. Valmis kombutsa-nahkanäyte

## 6. Materiaalien jatkokehitys

## 6.1 Jatkokehityksen suunnittelu

Halusin kehittää materiaaleista yhä kovempia ja kulutusta kestävämpiä. Tehdyt materiaalit sai yhä murrettua käsin. Päätin kokeilla levyrakennetta komposiitin sisälle, jotta rakenne jäykistyisi.

Osa materiaaleista murentui, jos niihin kohdistui hankausta. Jonkinlainen pintakäsittely, kuten lakkaus, voisi estää murenimisen.

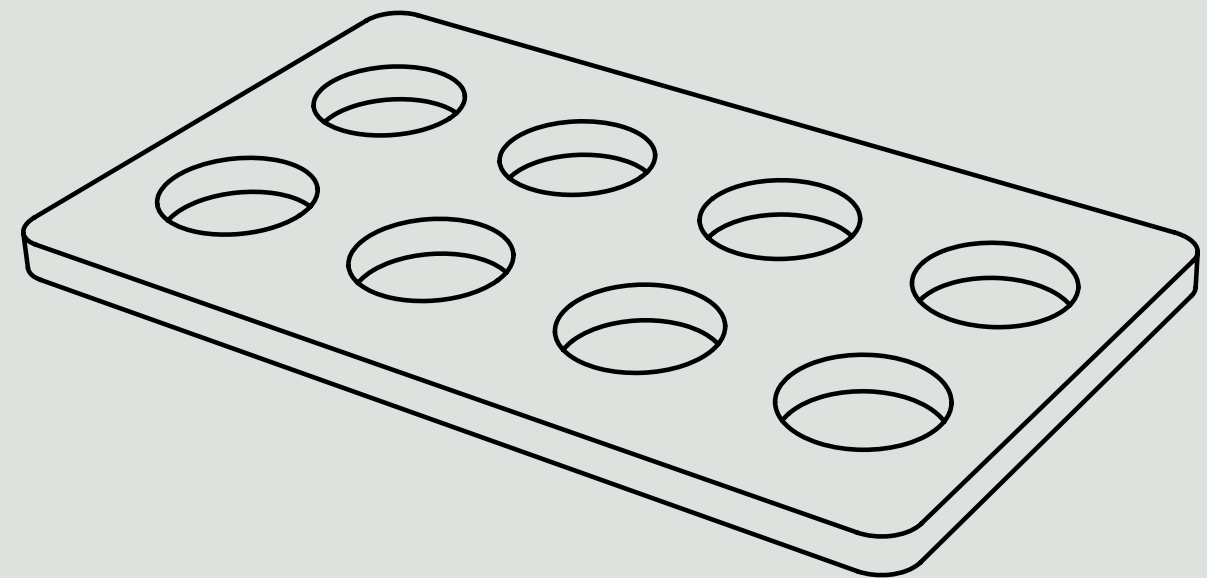
Myös eri kääpälajikkeita voisi kokeilla lujempien materiaalien luomiseen. Kääpälajikkeita käytettäessä saisi myös hyödynnettyä paremmin puujätettä - puupuru toimii paremmin kääpien kuin osterivinokkaiden kasvualustana. (27)

## 6.2 Jatkokehittelyn testit levyrakenteella

Tein neljä uutta materiaalitestiä käyttämällä pohjana olkipellettiä (Materiaali 3. Pelletti). Kahden testikohteen sisään asetin rei'itettyä 12mm koivuvaneria. Kahden muun testikohteen sisään asetin vastaavasti 12mm MDF-levyä. Reikien idea oli kasvattaa komposiitti levyjen läpi ja näin sitoa materiaali kasaan.

MDF-kokeilut epäonnistuivat täysin, kun MDF-levy imaisi kaiken nesteen kasvatusvaiheessa ja rikkoi materiaalin turvotessaan. Molemmat vaneritestit onnistuivat ja lopputuloksena saatiin erittäin kova materiaali, jota ei saanut murrettua käsin. Pintakäsittelin lopuksi koepalat vesiohenteisella lakalla, joka tuntui lujittavan materiaalia entisestään. Lopuksi materiaalista ei enää irronnut muruja.

Tällä tekniikalla pystyisi koepalojen perusteella tekemään suurempiakin kappaleita. Levyrakente sisällä toimisi vahvikkeena ja levyn ympärille pystyisi tekemään massasta eri muotoja. Materiaalikokeilua voisi jatkaa sekoittamalla sekaan sellua, jolloin rihmaston kasvu olisi nopeampaa ja tiiviimpää (materiaalit nro:6 pelletti + sellu). Vanerin sijaista voisi kokeilla jotakin ekologisempaa vaihtoehtoa, kuten OSB eco-levyä. (23)





*Kuva 64. Valmis lakattu testikappale.*



Kuva 65, 66. Läpileikkaus testikappaleesta

### 6.3 Materiaalitestit lakkakäävällä

Sain kiinalaista lakkakäöpää (*Ganoderma lucidum*) ja lähdin tekemään materiaalikokeita samalla menetelmällä kuin osterivinokkaalla. Tavoite oli saavuttaa entistä kovempia materiaaleja ja saada hyötykäytettyä puujätettä. Lakkakäöpä soveltui tähän tarkoitukseen, koska lehtipuupuru toimi erinomaisena kasvualustana. (27)

Seokset kasvualustoille:

11. Pelletti, sellu
12. Puupuru, sellu
13. Hamppuruhe, pelletti, sellu
14. Puupuru, pelletti, sellu
15. Puupuru, pelletti, hamppuruhe, sellu



Kuva 67. Lakkakäöpää kasvamassa muoteissa



Materiaali 11. ( Pelletti, sellu )

Lujuus: 5  
Muoto: 4  
Kasvunopeus: 5  
Paino: 56 g



Materiaali 12. ( Hamppuruuhe, pelletti, sellu )

Lujuus: 5  
Muoto: 5  
Kasvunopeus: 5  
Paino: 59 g



### 6.3.1 Valmiit lakkakääpätestit

Lakkakääpätesteistä onnistui vain kaksi viidestä. Saamaani rihmastoon oli päässyt epäpuhtauksia ja kaikkiin testeihin ilmestyi hometta. Kaksi sain kuitenkin puhdistettua homeesta ja kasvatettua loppuun asti. Valitettavaa oli myös, että juuri puupohjaiset testit jäivät tästä erästä pois. Puujätteen käyttö kiinnosti erityisesti kokeiluissa jo tuotannollisista syistä.

Onnistuneet testit osoittivat, että lakkakäävällä päästiin vielä kovempiin lopputuloksiin materiaaleissa, kuin osterivinokasta käyttäessä.

# 7. Tuotesuunnittelu & valmistus

## 7. Tuotesunnittelu

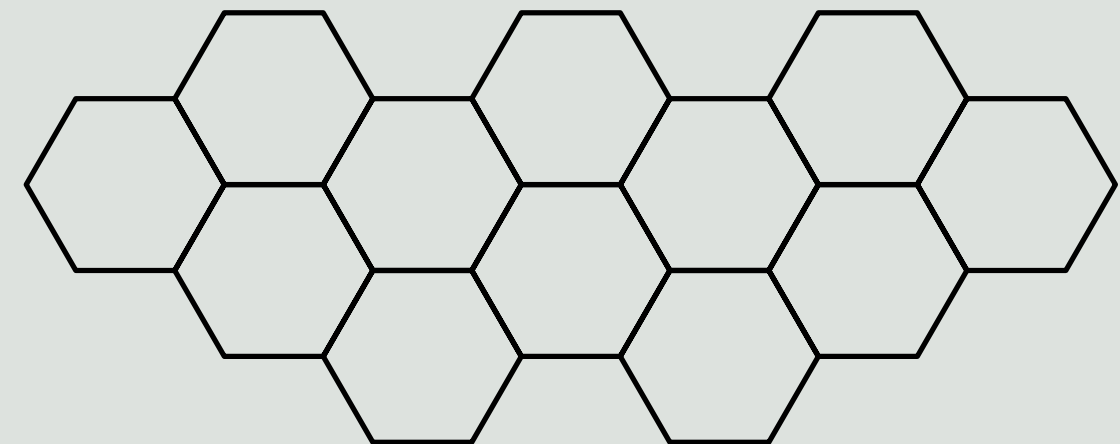
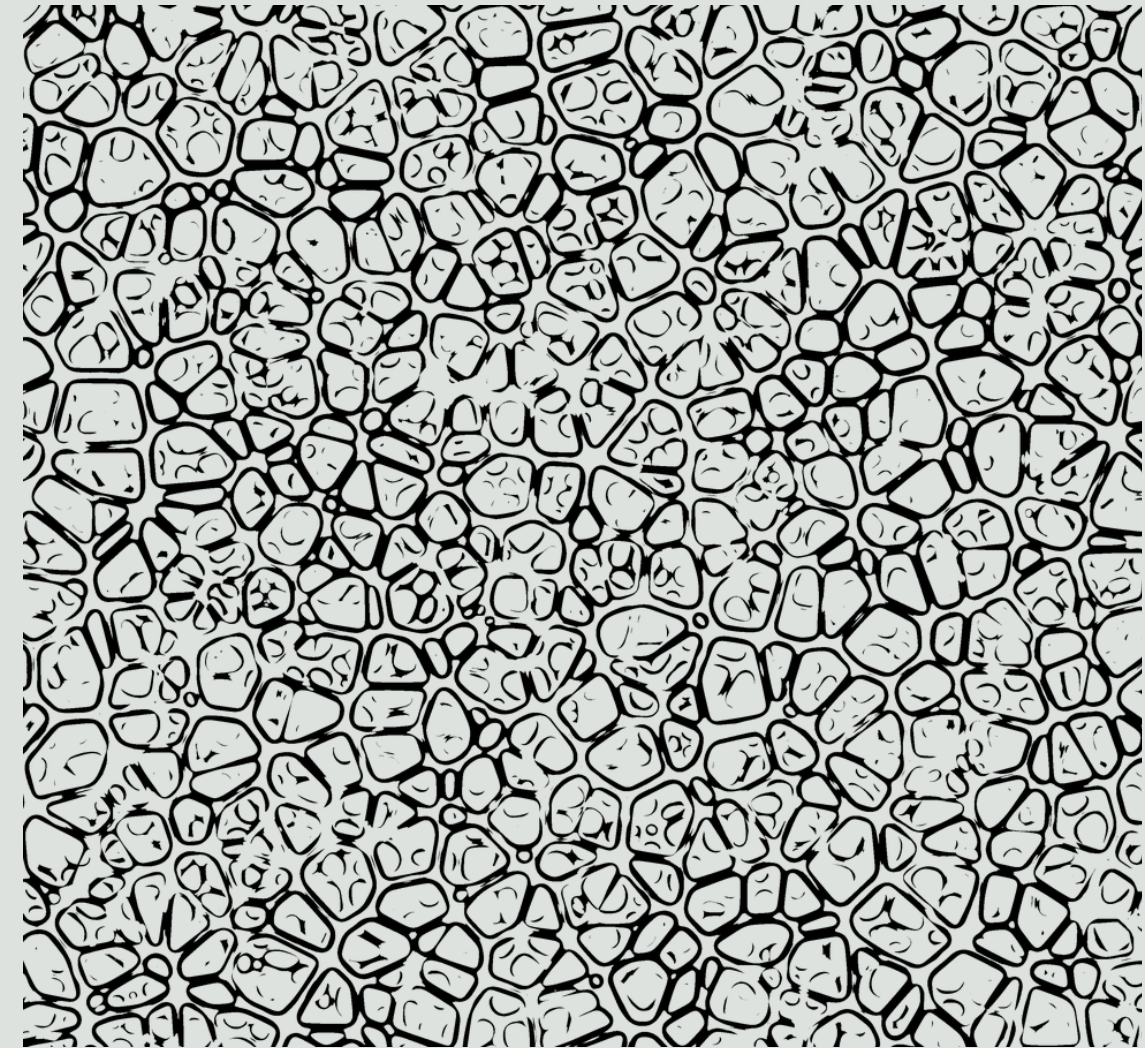
Tuotesuunnittelussa päädyin useampaan konseptuaaliseen protomalliin, jotka esittelevät sienimateriaalien eri ominaisuuksia. Ominaisuudet, joita halusin tuoda esille olivat:

- mahdollisuudet elementtirakenteina
- biohajoavuus
- erilaiset muodot, jotka kovempi komposiitti mahdollistaisi

Protomallien tarkoitus oli enemmänkin tukea materiaalitutkimustani, kuin olla lähes valmiita tuotteita. Kovin monimutkaisten muottien valmistamiseen ei aikaa jäänyt materiaalitutkimuksen jälkeen, joten muottien piti olla helposti toteutettavissa.

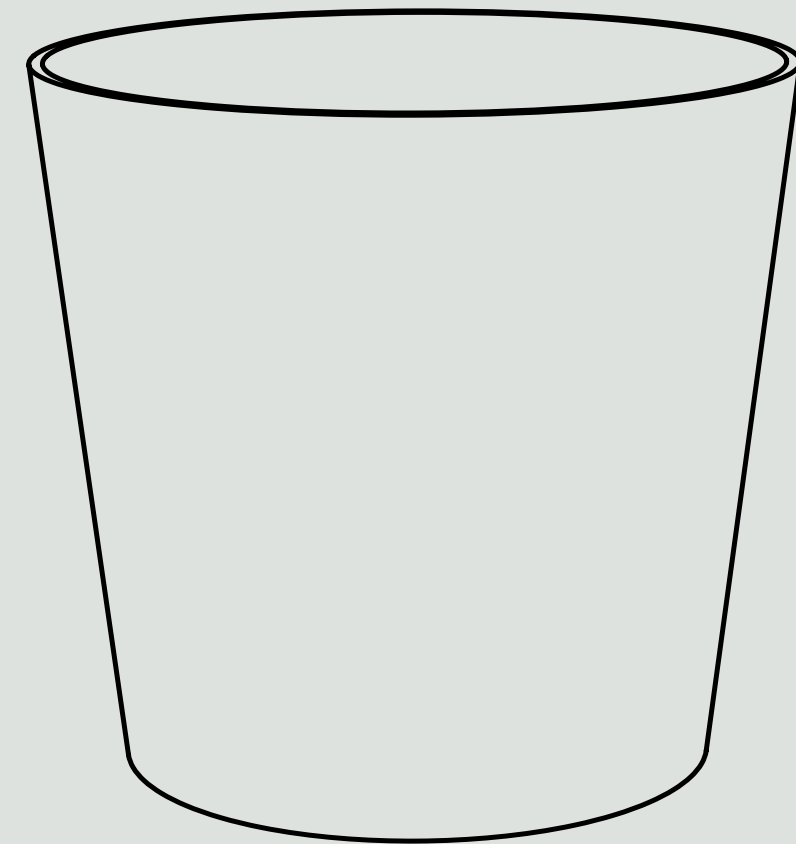
## 7.1 Akustiikkapaneeli

Materiaali nro:1 (pelletti, sellu, hamppuruhe, hamppukuitu, puupuru) sopi hyvin huokoisuudeltaan ja painonsa puolesta akustiseksi elementiksi. Paneelin muodossa halusin tuoda esille materiaalin orgaanisuuden. Tästä sain idean lähteenä hakemaan muotoa paneelille solurakenteesta. Paneelin tuli olla symmetrinen, jotta siitä olisi helppo kasata isoja kokonaisuuksia. Päädyin heksagoniin, sillä se mahdollisti mielenkiintoisen näköisten kokonaisuuksien rakentamisen yhdellä muotilla. Heksagoni kuvastaa muodoltaan klassisesti solurakennetta. Muotit elementeille tein koulun muovipajan alipaineistuskoneella. Koneen maksimi levykoko (250x250mm) rajasi muotin koon.



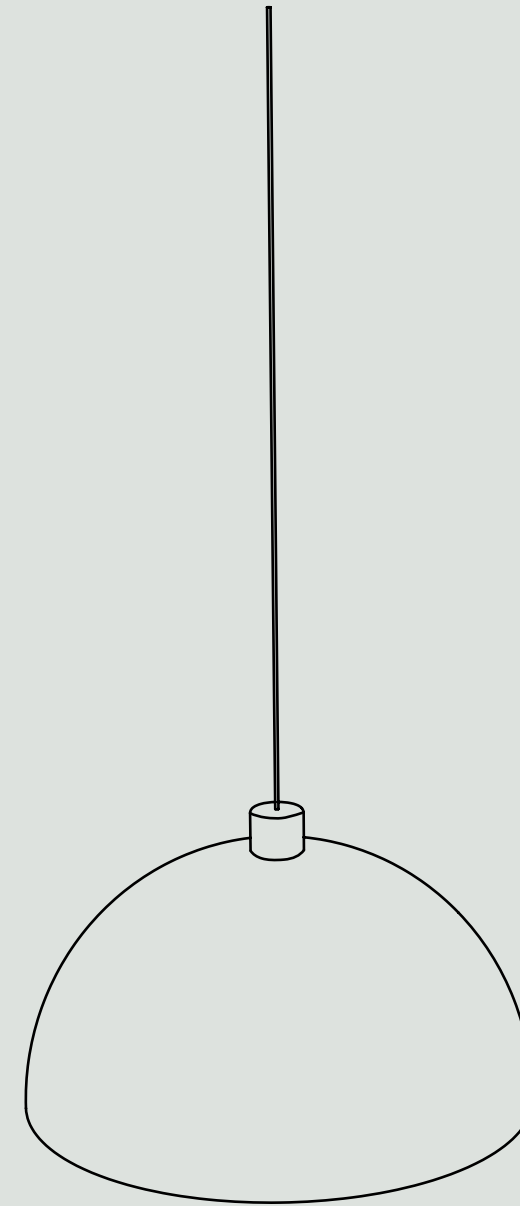
### 7.3 Istutusruukku

Biohajoavan ruukun etu on mahdollistaa esikasvatus ja istutus samassa ruukussa. Ruukun seinämiin olisi mahdollista lisätä lannoitteita kasvuvaiheessa, jolloin se toimisi samalla ravintona taimelle. Materiaalin vesiresistenssi on niin hyvä, että biohajoavat sieniruukut toimisivat myös vesiviljelyjärjestelmissä. Näin vähennettäisiin esimerkiksi kaupoissa myytävien yrttien ja salaattien mukana tulevaa muovijätettä. Muottina käytin erilaisia valmiita ruukkuja.



## 7.4 Valaisin

Valaisin havainnollistaa materiaalin ominaisuuksia, joilla voisi korvata perinteisiä muotopuristemateriaaleja. Muottina käytin isoa metallista kulhoa.







Kuva 76. Pelletin ja sellun sekoitus ennen rihmaston istuttamista.



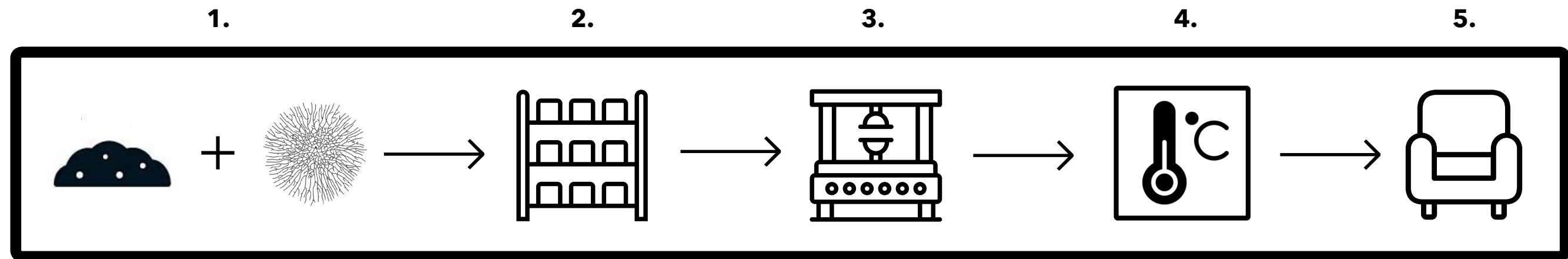
Kuva 77. Massa siirrettynä esikasvatuksen jälkeen muotteihin.

# 8. Tuotantoprosessi

## 8. Tuotantoprosessi

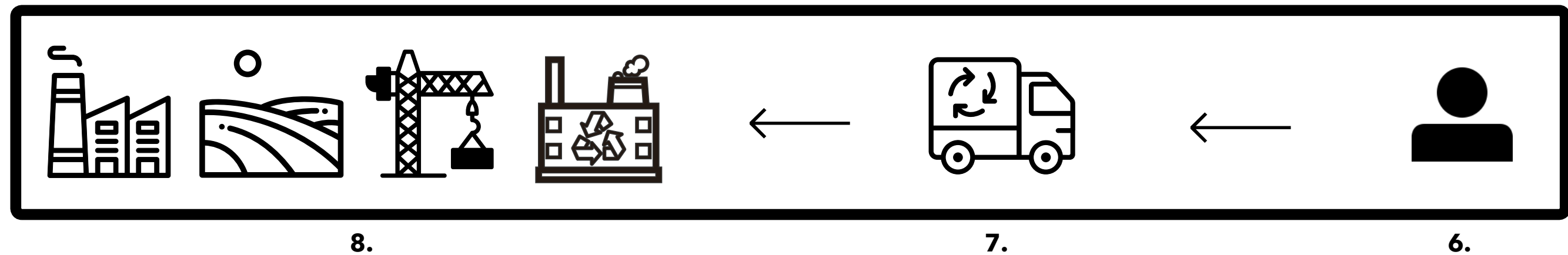
Sienikomposiitit sopivat hyvin isoihin ja pieniin sarjatuotantoihin. Tekniikka on yksinkertainen, eikä isoja laitehankintoja tai muottikustannuksia ole - pienempienkin sarjojen tuottaminen on kannattavaa. Prosessi on suhteellisen nopea ja useilla muoteilla on mahdollista tehdä suuriakin sarjoja nopeassa ajassa. Tämä tekee tekniikasta taloudellisesti kannattavan isossa mittakaavassa. Raaka-aineina voidaan käyttää jätettä, joten ne ovat lähes ilmaisia. Parhaassa tapauksessa yritys olisi valmis maksamaan, kun jätteet noudetaan heiltä tuotannon raaka-aineeksi.

# TUOTANTOPROSESSI & MATERIAALIN KIERTOKULKU



1. Raaka-aineeseen istutetaan sienirihmasto  
2. Materiaalien esikasvatus  
3. Muottiin kasvattaminen  
4. Kuivattaminen  
5. Lopullinen tuote

6. Tuote siirtyy käyttäjälle  
7. Tuotteen tullessa käyttöön päähän, se siirtyy kierrätykseen ja on käytettävissä uudestaan raaka-aineena.  
8. Teollisuudesta, maataloudesta, rakennustyömailta, sekä kierrätyksestä tuleva käyttökelpoinen jäte voidaan käyttää uudestaan raaka-aineena.



# 9. Lopputulos



Kuva 78. Akustiikkapaneelit



Kuva 79. Kuva 80. Rukkuja





Kuva 81. Valaisin



# 10. Arviointi

## 10.1 Lopputulos

Olen erittäin vakuuttunut tekemistäni materiaaleista. Protomallit onnistuivat suunnitelmien mukaan ja ne havainnollistivat hyvin materiaalien ominaisuuksia tarkoituksenmukaisesti. Uskon sienipohjaisten materiaalien olevan yksi ratkaisusta ilmastonmuutoksen hillitsimiselle ja jatkuvasti kasvavan jätteen määrän vähentämiselle. Sienikomposiittien etu verrattuna biomuoveihin on, etteivät ne kuluta neitseellisiä raaka-aineita tai vie resursseja ruuantuotannosta, kuten monet tärkkelyspohjaiset biomuovit. (24) Biomuoveissa on todettu ongelmia niin hajoamisessa kuin hajoamisajassa. (25) Sienipohjaiset materiaalit ovat 100% biohajoavia ja niiden valmistus onnistuu jätteestä ilman suuria päästöjä. Näiden ominaisuuksien vuoksi tulevaisuudessa varmasti tullaan näkemään paljon sienipohjaisia materiaaleja rakennuksissa, kulkuvälineissä ja erilaisissa tuotteissa.

## 10.2 Prosessi

Lähtiessäni työstämään opinnäytetyötäni onnistumisestani ei ollut mitään takeita. En tiennyt onnistuisinko edes valmistamaan sienimateriaaleja. Mitään aikaisempaa kokemusta vastaavien materiaalien valmistuksesta minulla ei ollut. Aihe tuntui niin mielenkiintoiselta ja tärkeältä, että halusin ehdottomasti rakentaa siitä opinnäytetyöni. Opin koko prosessin aikana todella paljon materiaalitutkimuksesta sekä materiaalipohjaisesta tuotesuunnittelusta.

Annoin tutkimuksen ja kokeilujen ohjata työtä eteenpäin, joka oli välttämätöntä tässä opinnäytetyössä.

Opinnäytetyöhön varattu aika oli hyvin lyhyt tämänkaltaiselle projektille. Tutkimustyöni oli vasta avaus erittäin mielenkiintoiselle tutkimukselle, jota aion ehdottomasti jatkaa tulevaisuudessa. Kokonaisuudessaan prosessi oli erittäin opettavainen ja sitä oli miellyttävä tehdä.

## 11. Lähteet:

1. Miina Rautiainen. - Tekniikka & talous 6.9.2017 [Viitattu 12.1.2018] <https://www.tekniikkatalous.fi/tiede/tutkimus/miljardien-ihmisten-juomavedessa-on-muovia-83-ssa-naytteista-muovikuituja-eniten-yhdysvalloissa-ja-vahiten-euroopassa-6674159>
2. VTT - 9.1.2018 [Viitattu 12.1.2018] <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/uudet-biomateriaalit-voivat-ratkaista-kest%C3%A4v%C3%A4n-kehityksen-haasteita>
3. Taloussanomat - 2.7.2014. [Viitattu 12.1.2018] - <https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000001841835.html>
4. Jouni Issakainen: "11.2. Sienten viljely", Sienten biologia, s. 355-362. Helsinki: Gaudeamus, 2013
- 5 [Viitattu 18.1.2018] <http://www.fao.org/>
6. Tero Pajukallio - Maaseudun tulevaisuus 20.7.2015 [Viitattu 18.1.2018] <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/sienten-viljelyss%C3%A4-kytee-iso-bisnes-1.125015>
7. Wikipedia 2018 - Sienten viljely. Wikimedia Foundation [Viitattu 20.1.2018] [https://fi.wikipedia.org/wiki/Sienten\\_viljely](https://fi.wikipedia.org/wiki/Sienten_viljely)
8. Wikipedia 2018 - Sienten viljely. Wikimedia Foundation [Viitattu 20.1.2018] [https://fi.wikipedia.org/wiki/Sienten\\_viljely](https://fi.wikipedia.org/wiki/Sienten_viljely)
9. Wikipedia 2018 - Sienten viljely. Wikimedia Foundation [Viitattu 20.1.2018] [https://fi.wikipedia.org/wiki/Sienten\\_viljely](https://fi.wikipedia.org/wiki/Sienten_viljely)
10. MycoWorks Media - 7.12.2016 - How to make a myco-brick [Viitattu 24.1.2018] <https://www.youtube.com/watch?v=c6nurN-Hii8>
11. Scihouse - 8.5.2017 - Turning Kombucha SCOBY into leather (video) [Viitattu 24.1.2018] <https://www.youtube.com/watch?v=i0oVIns4Noo>
12. North American Mycological Associaton [Viitattu 1.2] [https://www.namyco.org/paper\\_from\\_fungi\\_basics.php](https://www.namyco.org/paper_from_fungi_basics.php)
13. Melia Robison - Business Insider 14.7.2016 [Viitattu 5.2.2018] <https://businessinsider.com/mycoworks-2016-7?r=US&IR=T&IR=T>
14. [Viitattu 10.2] <http://www.mycoworks.com/>
15. [Viitattu 10.2] <https://www.ecovatedesign.com>
16. [Viitattu 10.2] <https://biofabforum.org>
17. [Viitattu 10.2] <https://www.mogu.bio/>
18. [Viitattu 10.2] <http://www.corpuscoli.com/>
19. [Viitattu 10.2] <https://www.mycote.ch/>
20. [Viitattu 10.2] <http://www.redhousearchitecture.org/>
21. Myco Hacklab Finland - Haastattelu 12.11.2017 [Viitattu 15.2.2018]
22. Tomi Vuorensola [Viitattu 15.2.2018] <http://osterivinokas.fi/>
23. [Viitattu 20.2] <https://www.puuinfo.fi/kysymyksi%C3%A4-ja-vastauksia#OSB-levy>
24. Miina Rautiainen - Tekniikka & talous 18.1.2018 [Viitattu 27.3] <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/mika-ihmeen-biomuovi-tama-jokaisen-jatteita-lajittelevan-tulisi-tietaa-6697014>
25. Adam Vaughan - The Guardian 23.5.2016 [Viitattu 27.3] <https://www.theguardian.com/environment/2016/may/23/biodegradable-plastic-false-solution-for-ocean-waste-problem>
26. Fresno Mycology Society - 23.8.2016 - Making a Glove Box [Viitattu 27.3] <https://www.youtube.com/watch?v=ISwJosoNbZY>
27. Nordic Fungi - 17.4.2017 - Lakkakäävän viljely [Viitattu 28.3.2018] <https://nordicfungi.space/lakkakaavan-viljely/>

## 12. Kuvalähteet:

1. Aleksii Peltonen - 2018
2. Aleksii Peltonen - 2018
3. [www.unsplash.com](http://www.unsplash.com)
4. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pleurotus\\_ostreatus.R.H.\\_03.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pleurotus_ostreatus.R.H._03.jpg)
5. Tuntematon - Vilmorin-Andrieux & Cie, 1904. Les plantes potagères. Description et culture des principaux légumes des climats tempérés. ed. 3. Paris, Vilmorin-Andrieux. fig., XX-804 p.
6. [https://en.wikipedia.org/wiki/Social\\_IQ\\_score\\_of\\_bacteria](https://en.wikipedia.org/wiki/Social_IQ_score_of_bacteria)
7. Aleksii Peltonen - 2018
8. <http://www.mycoworks.com/>
9. [www.unsplash.com](http://www.unsplash.com)
10. <http://www.mycoworks.com/>
11. <http://www.mycoworks.com/>
12. <https://www.flickr.com/photos/75778657@N06/6806709787>
13. <https://www.flickr.com/photos/75778657@N06/6806727591>
14. <https://www.mogu.bio/>
15. <https://www.mycote.ch/>
16. <https://www.mycote.ch/>
17. <http://www.redhousearchitecture.org/>)
18. Aleksii Peltonen - 2018
19. Aleksii Peltonen - 2018
20. Aleksii Peltonen - 2018
21. Aleksii Peltonen - 2018
22. Aleksii Peltonen - 2018
23. Aleksii Peltonen - 2018
24. Aleksii Peltonen - 2018
25. Aleksii Peltonen - 2018
26. Aleksii Peltonen - 2018
27. Aleksii Peltonen - 2018
28. Aleksii Peltonen - 2018
29. Aleksii Peltonen - 2018
30. Aleksii Peltonen - 2018
31. Aleksii Peltonen - 2018
32. Aleksii Peltonen - 2018
33. Aleksii Peltonen - 2018
34. Aleksii Peltonen - 2018
35. Aleksii Peltonen - 2018
36. Aleksii Peltonen - 2018
37. Aleksii Peltonen - 2018
38. Aleksii Peltonen - 2018
39. Aleksii Peltonen - 2018
40. Aleksii Peltonen - 2018
41. Aleksii Peltonen - 2018
42. Aleksii Peltonen - 2018
43. Aleksii Peltonen - 2018
44. Aleksii Peltonen - 2018
45. Aleksii Peltonen - 2018
46. Aleksii Peltonen - 2018
47. Aleksii Peltonen - 2018
48. Aleksii Peltonen - 2018
49. Aleksii Peltonen - 2018
50. Aleksii Peltonen - 2018
51. Aleksii Peltonen - 2018
52. Aleksii Peltonen - 2018
53. Aleksii Peltonen - 2018
54. Aleksii Peltonen - 2018
55. Aleksii Peltonen - 2018
56. Aleksii Peltonen - 2018
57. Aleksii Peltonen - 2018
58. Aleksii Peltonen - 2018
59. Aleksii Peltonen - 2018
60. Aleksii Peltonen - 2018
61. Aleksii Peltonen - 2018
62. Aleksii Peltonen - 2018
63. Aleksii Peltonen - 2018
63. Aleksii Peltonen - 2018
64. Aleksii Peltonen - 2018
65. Aleksii Peltonen - 2018
66. Aleksii Peltonen - 2018
67. (<https://pixabay.com/>)
68. Aleksii Peltonen - 2018
69. Aleksii Peltonen - 2018
70. Aleksii Peltonen - 2018
71. Aleksii Peltonen - 2018
72. Aleksii Peltonen - 2018
73. Aleksii Peltonen - 2018
74. Aleksii Peltonen - 2018
75. Aleksii Peltonen - 2018
76. Aleksii Peltonen - 2018
77. Aleksii Peltonen - 2018
78. Aleksii Peltonen - 2018
79. Aleksii Peltonen - 2018
80. Aleksii Peltonen - 2018
81. Aleksii Peltonen - 2018