

Kooperáció a természettel

avagy struktúraképzési lehetőségek micéliummal együttműködve

Márföldi Dóra
okl. tervezőművész

Budapesti Metropolitan Egyetem Művészeti és Kreatívipari Kar
Divat és Textil Tanszék

dori.marfoldi@gmail.com

Bemutakozás

Márföldi Dóra vagyok, Textiltervezés specializáción végeztem 2020-ban a Budapesti Metropolitan Egyetem Művészeti és Kreatívipari Karán. Jelenleg ugyanitt, a Divat és Textil Tanszéken óraadó tanársegédként dolgozom. Munkáimmal rendszeresen részt veszek hazai és külföldi kiállításokon. Kutatási területem a fenntartható dizájn, ezen belül az anyagvezérelt tervezési metódus. Anyaginnováció felé mutató kísérleteket folytatok gombamicéliummal együttműködve. A B103 Stúdió alapító tagjaként textiltervezéssel foglalkozom.

Kivonat

A kortárs dizájn területén egyre inkább jelen vannak az anyagvezérelt tervezési metódus tendenciái. Ez a terület a fenntartható anyaginnovációkat különböző élő, biológiailag szerveződő anyagok segítségével képzei el. Az élő anyagokkal történő tervezés az eddig szokványos dizájn folyamatokat teljes mértékben átírja. Az élő anyagok jelenléte horizontális viszonyt alakít ki a tervező és az alapanyag között. A természet a tervezés médiumává vált, egyfajta kooperáció alakult ki az élő anyag és a dizájn között. Kutatásaim során az anyagvezérelt metódus alkalmazásával végzek innovatív anyagkísérleteket micéliummal együttműködve. Az anyagvezérelt dizájn következetes rendszerét végigkövetve végzek funkcionális alapanyag képzési kísérleteket.

Kutatásom inspirációja az az innovatív szemlélet, ami a textiliák területén egyre inkább jelen van. E szerint a klasszikus alapanyagok mellett mindent textilnek tekintünk, ami valamilyen rendszer mentén struktúrába rendeződik. Ha ez így van, akkor azt mondhatjuk, hogy a világban a minket körülvevő anyagok nagy része textilként viselkedik, mert ha megfelelő nagyításban szemléljük, láthatóvá válik a rendszer, ami mentén az alapegységek struktúrát alkotnak. Ez a látásmód jelentős mértékben kitolta a textil mibenlétének határait. Ennek köszönhetően egyre inkább jelen vannak a területen a különféle innovatív alapanyagok és metódusok, amelyek a textiltervezés folyamatát interdiszciplináris tevékenységgé teszik. Ilyen például az anyagvezérelt tervezés. Ez a viszonylag fiatal szegmens különféle élő organizmusok segítségével törekszik a fenntartható anyag innovációk felé. A tervező az esetek nagy részében megteremti az anyag növekedéséhez szükséges feltételeket, majd megfigyelőként vesz részt a további folyamatokban. Csak akkor avatkozik be, amikor az anyag jelzi ezt számára. Így a tervezés során egyfajta dialógus alakul ki az anyaggal. Ez az új típusú metódus a tervező és az anyag között az eddigiektől eltérő, együttműködési viszonyt alakít ki. Tágabb értelemben véve azt mondhatjuk, hogy a természet a tervezés médiumává vált.

Az anyagvezérelt tervezés területe fiatalsága okán kísérleti stádiumban van. A fenntartható anyagok fejlesztése mellett a szegmens legfőbb célja az öndefiníció. Ezért az elvégzett kísérletek nem mindig végződnek funkcionális végcélal, mert a fő végkimenetel az anyag megismerése, a terület meghatározásához szükséges tapasztalatok levonása.

Kutatásaim során az anyagvezérelt tervezési metódust alkalmazom a gombamicéliummal történő együttműködésben. Ebben a cikkben ezt a módszert taglalom a gombamicéliummal végzett kísérleteim bemutatásán keresztül.

Ahhoz, hogy a kutatást érthetően ismertetni tudjam, fontos nagyvonalakban bemutatni a kísérletek tárgyát képező alapanyagot.

A gombák biológiai ismertetése

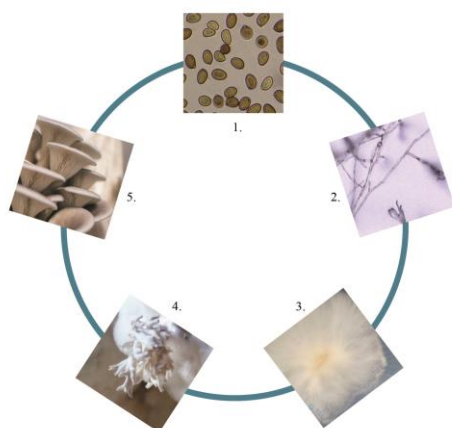
A gombák az egyedfejlődésben a növények és az állatok között helyezkednek el. Egyszerű felépítésűek, testük egyféle sejtekből áll. Ezeket a láncra rendeződött építőelemek hifáknak nevezzük. A környezetük által felhalmozott szerves anyagokból élnek. Viszont nem kebelezik be táplálékukat, hanem vízben oldott állapotban, sejtáramlásuk révén szívják fel azt. Ebben a folyamatban fontos szerepet kap a micélium, a hifákból felépült gyökérhálózat.

Táplálkozási módjuk szerint megkülönböztetünk mikorrhizás, parazita és szaprofita gombákat. A kutatás szempontjából a harmadik csoport releváns. A szaprofita létmódú gombák az elhalt szerves anyagokat bontják le. A hifák hálózataiból kialakult micélium teljes mértékben átszövi a rendelkezésre álló korhadékot, és a számára szükséges tápanyagot kivonja a bekebelezett közegből.

A gombák életciklusának második állomása a hifák, vagy másnéven gombafonalak képződése. A fonalak a spórákból alakulnak ki és rendeződnek hálózattá. Ez a rendelkezésre álló szerves anyag egészét átszövi, biztosítva a megfelelő tápanyagfelvételt. Ha a szerves anyag teljes átszövése megtörtént, megjelennek a fiatal termőtestek. Ezekből fejlődnek ki az érett termőtestek, amelyek hifákra, tönkre és kalapra oszthatók. A kalap lemezkéin ülnek a spórák, amik a szaporodásról gondoskodnak. A gombák akkor szórják szét ezeket, amikor már az összes rendelkezésre álló tápanyagot felszívták. Ekkor válik fontossá számukra, hogy önmagukat reprodukálják. A spórák szétszórása után a termőtest elpusztul.

A fentiek alapján a gombák életciklusa öt fő szakaszra osztható:

1. spóra állapot,
2. hifa képződés,
3. micélium rendeződése,
4. fiatal termőtest megjelenése,
5. kifejezett termőtest.



A gombák életciklusa

Ez a ciklus folyamatosan ismétlődik. A micéliummal történő dizájn célú együttműködés során az életciklus 2. és 3. szakaszát alkalmazzuk.

Anyagvezérelt tervezési módszer

Az anyagvezérelt tervezés elsődleges célja tehát az anyagkutatás. Kevés tapasztalat áll rendelkezésünkre a szegmens újdonsága miatt, ezért fontos, hogy olyan mankót találjunk, amire a folyamat egészében támaszkodni tudunk. Ez egyrészt a gombák életciklusának ismerete, másrészt pedig az a releváns szakirodalom, ami az eddigi kísérletek eredményeit tartalmazza. A témában a leginkább tapasztaltabb holland dizájnér, *Elwin Karana* munkássága nyomán építettem fel a kísérletek folyamatát. Karana nevéhez köthető az anyagvezérelt tervezés (Material Driven Dizájn), mint fogalom megalkotása. A Delfti Egyetem kutatója olyan módszertant épített fel, aminek mentén következtetés, építkező munka eredményeként megismerhetjük a különböző bio alapanyagokat és azokkal együttműködve funkcionális végcélra eljuthatunk.

Karana módszertana szerint négy lépcsőből áll az anyagvezérelt tervezés folyamata. Ezek a következők:

1. az anyag megértése,
2. az anyagkutatási vízió felvázolása,
3. anyagkísérletek,
4. a tervezési koncepció felvázolása.

A negyedik lépcsőt követi a funkcionális végcél kivitelezése.

A felvázolt rendszer folyamata jól mutatja, hogy az anyagvezérelt tervezés folyamata a megszokott dizájn folyamatokhoz képest fordított. Ez esetben a tervezési procedúra kezdetén nem tudjuk, hogy milyen funkciót képes majd ellátni a micéliumból nőtt anyag. A tervezés döntő részében az anyag megismerésére összpontosítunk. Az anyagvezérelt tervezés során a végcél helyett sokkal inkább a folyamatban levésen és a matéria megismerésén van a hangsúly.

1. Az anyag megértése

Kutatásom kezdetén az általam használt anyag működését kellett megértenem. Ez az anyagvezérelt tervezés fundamentuma. Az én esetemben ez a lépcső a micélium növesztésének folyamatát jelentette. A mezőgazdasági gombatermesztés felől közelítettem a témához. Azért ebben az irányban indultam, mert a gombatermesztés során létrejött termőblokk tulajdonképpen az a biokompozit anyag, ami kutatásom során vizsgálni szeretnék. Az általam áttekintett gombafajok közül legstabilabban a



Micélium kompozit organikus felületi képe



Primordiák a panel felületén

különböző laskagombák növeszthetők szobahőmérsékleten, emellett ezek micéliuma a legagresszívabb az átszövetést tekintve. Leginkább a magas cellulóztartalmú tápközegeket kedvelik ezek a fajok. Ez állhat különböző keményfa forgácsból, cellulóz alapú elemiszálakból és aprított mezőgazdasági hulladékból (széna, szalma). A micélium növesztés folyamata egy négy állomásos procedúra, ami a következőképp néz ki:

1. A gomba oltóanyag elegyítése a megfelelően fertőtlenített tápközzel.

2. A formában elhelyezett elegy növesztése steril, magas páratartalmú, szobahőmérsékletű közegben.

3. A micéliummal behálózott kompozit anyag formánküli, felületi átszövetése a növesztő közegben, majd szárítás a közegből kivéve.

4. A kompozit utókezelése.

A növesztés folyamata nagyjából három hetet vesz igénybe. Fontos hangsúlyozni a sterilitás, és a megfelelő tápközeget követelményét. Ezek megléte nélkül nem tudunk hatékonyan a micéliummal kooperálni tervezésünk során. Az utókezelés az esetek döntő többségében valamilyen hőkezelést jelent. Ez a négy lépésen belül a legfontosabb, mert ennek nyomán dől el a kompozit végső anyagkaraktere, ami a betontól a polisztirolig számos minőség lehet a kikészítés függvényében. Az anyag megértés lépcsőfokához kapcsolódik a növesztési kísérletek lefolytatása is. Ezek elengedhetetlenek, mert az e szakaszban megszerzett eredmények nélkül lehetetlen stabil kompozitokat létrehozni micélium segítségével. A kísérletek azt mutatták, hogy ha megfelelő merevségű a növesztő forma fala, akkor organikus és geometrikus térformák is könnyen növeszthetők. Ez a tapasztalat a későbbi funkcionális végcél formaiságának kialakításában viszonylag nagy szabadságot eredményez.

2. Az anyagkutatási vízió felvázolása

Az anyagvezérelt tervezés második lépcsője az anyagkutatási vízió felvázolása. Ez a szakasz jelentős mértékben befolyásolja a tervezési folyamat további alakulását, mert itt fogalmazódnak meg a növesztett anyag tulajdonságait célzó fő kérdések. A micélium kutatás során ezekhez a kérdésekhez textíles tapasztalataim felől közelítettem. Fő kérdéseim a struktúra és a tápközeget összefüggéseire vonatkoztak. Arra voltam kíváncsi, hogy

- a kompozitok stabilitását és felületi képét hogy befolyásolja a tápközeget egységeinek léptéke,
- fő kérdésként megfogalmazódott az is, hogy hőkezelés hatására hogyan változik a struktúra stabilitása,
- emellett arra is szerettem volna választ kapni, hogy lehetséges-e a micélium kompozitok felületi képének külső beavatkozással történő felületkezelése, és amennyiben igen, hogyan.

3. Anyagkísérletek

A tervezési folyamat harmadik lépcsőfokán az előző állomás során felvázolt kérdésekre kerestem a választ. Növesztési kísérleteket végeztem három eltérő tápközeget

Anyagkísérleti táblázat

tápközeg	STRUKTÚRA HŐKEZELÉS ELŐTT	STRUKTÚRA HŐKEZELÉS UTÁN	ANYAG KARAKTER	EGYÉB TULAJDONSÁGOK	ANALÓGIÁK
kis lépték	stabil, tömör, puha, homogén felületű	stabil, tömör, homogén felületű, könnyű	nagy sűrűségű, könnyű, homogén anyag	víz- és lángálló	
köztes lépték	stabil, szivacsos szerkezetű, puha felületű	stabil, szivacsos szerkezetű, kemény, könnyű	könnyű, darabos szerkezetű anyag	víz- és lángálló	
nagy lépték	könnyen morzsolható, laza szerkezetű, puha felületű	laza szerkezetű, könnyű	könnyű, szerkezetéből adódóan morzsolható anyag	víz- és lángálló	

léptékekkel. A kísérletek eredményeit egy anyag karakterizáló táblázatba foglaltam. Azt tapasztaltam, hogy minél kisebb a tápközeg egységeinek léptéke, annál stabilabb a növesztett kompozit struktúrája. A felületi kép tekintetében azt figyeltem meg, hogy minél kisebb az általam használt tápközeg, annál egyenletesebb, homogénebb a növesztett struktúra felületi képe. A hőkezelés előtt minden esetben könnyű, puha felületű, valamennyire sérülékeny anyagminőség volt a jellemző. Tapasztalataim szerint a hőkezelés a használt tápközeg léptékétől függetlenül stabilizálja a struktúrát. A kísérleti kompozitokat különböző, a későbbi funkcionálisitást segítő teszteknek vettem alá. Vízzel és tűzállósági kísérleteket végeztem. Azt figyeltem meg, hogy a kompozitok felületén a növesztés során kialakult micélium réteg teljes mértékben víz- és lángállóvá teszi az anyagot. Ez az eredmény azt mutatja, hogy a micélium kompozitok biztonságosan alkalmazhatók funkcionális tárgyak alapanyagaként bármilyen térben. A táblázatba a kísérleti eredmények mellé analógiaként különféle anyagtypusokat helyeztem el, ezzel is megkönnyítve a későbbiekben a funkció meghatározását. Ennek alapján azt mondhatom, hogy a kisleptékű tápközeg egységekből növesztett kompozitok anyagkarakter tekintetében leginkább a különféle bőrkökhöz, és a gyapjú nemezhez hasonlítanak, míg a közepes méretű tápközeg egységekkel operáló kompozitok leginkább a puhafa minőségével analógok. A nagy tápközeg egységekkel rendelkező micélium kompozitok morzsalékos szerkezetüknek köszönhetően a polisztirol anyag karakteréhez hasonlítanak.

Az anyagkísérletek lépcsőfok másik eleme a külső behatásokkal történő felületképzés volt. Ennek a kísérletsornak azért volt fontos a lefolytatása, mert azt gondolom, hogy a különböző faktúrákkal ellátott felületek a későbbiekben javíthatják a micéliumból készült funkcionális tárgy használhatóságát. Azt tapasztaltam, hogy csak úgy tudok a felületen tartósan megmaradó faktúrákat létrehozni, ha együttműködöm a micélium igényeivel. Ezért a növesztési szakaszban a tápközegre helyeztem különböző karakterű, természetes alapú szöveteket. A micélium a tápközeggel együtt ezeket is átszötte. A szöveteket csak a hőkezelést követően távolítottam el, mert a hőkezelés fixálta a faktúrákat a kompozitok felületén. A szövetek eltávolításával izgalmas, finom felületi faktúrák alakultak ki.

4. A tervezési koncepció felállítása

A kutatás negyedik lépcsőfoka a tervezési koncepció felállítása. Ebben a szakaszban dől el a funkcionális végcél mibenléte, ekkor kezdenek formát ölteni az anyagkutatás eddigi eredményei.

Az anyagkísérletek lépcsőjének eredményeit összefűszülve kezdtem hozzá a tervezési koncepció felállításához. A koncepció felvázolásánál az anyagkarakter analógiákból indultam ki. Ez esetben is textiles tapasztalataimat vettem alapul. A kis tápközeg léptékekkel operáló micélium kompozitok karakterüket tekintve nagyon hasonlítanak a gyapjúból készült nemezhez. Ez az anyag korunk egyik felmenő ágban lévő alapanyaga, ami számos jó tulajdonsággal rendelkezik. Ezek közül a jó hangszigetelő képességet szeretném kiemelni. Mivel a nemez minőségével bizonyos micélium kompozitok analógok, azt gondoltam, hogy funkcionális végcélként egy akusztikai panelsorozatot hozok létre (1. ábra).

Fontos volt számomra, hogy a tervezett hangelnyelő rendszer hajlékonyan alkalmazkodjon az adott felhasználói térhez, és organikus, természetközeli harmóniát árasszon, ezzel javítva a használó mentálhigiénés állapotát. Adott volt a micélium kompozit nagyon finom, puha, mégis rusztikus felülete. Ehhez kellett egy olyan formavilágot felállítanom, ami alapegységeinek alakjából következően sokféle kompozíciós variációt rejt magában. Ezért a választásom az egyenlő szárú háromszög alapformára esett. Ezt az alakzatot mutáltattam az alapelem készlet felállításánál. Többféle, eltolt csücsű gúlát terveztem, amik mellett, hogy az akusztikai panel kompozíciók felületét mozgalmassabbá teszik, téri kiemelkedésekkel nagyobb hangelnyelő felületet biztosítanak, így növelve a tárgy funkcionálisitását. A sík felületű elemek is megfelelő hangelnyelő tulajdonságokkal rendelkeznek, mert 3,5 cm vastagságúak. A gúlák esetében erre a 3,5 cm vastagságú alapra épülnek a téri kiemelkedések. A síkfelületeknél fontos volt a felületi gazdagság, ezért bizonyos elemeket a faktúraképzési kísérletek során kitapasztalt eljárás segítségével sűrű és ritkább csíkritmussal láttam el. A természetközelség érzetének fokozása érdekében a növesztés kvázi melléktermékeként megjelenő primordia gombákat is szerepeltettem a felületeken.

Eredmények

A tervezési koncepció felállítását követte a kivitelezési szakasz. A fentebb már ismertetett módon növesztettem a háromszöges kompozit paneleket. Kender elemiszálakból és aprított szalmából állt össze a tápközeg a micélium számára. Ezek az anyagok nagyon izgalmas, organikus felületet eredményeztek. Egy tizenhárom elemből álló alapkészletet növesztettem laskagomba



Akusztikai panel prototípus kompozíciók

micéliummal együttműködésben. Az elemek némelyikén karakteresen megjelennek a primordia testek, amik a rendszer természetközeli hatását felerősítik.

Így állt össze a *Growing-panels* kísérleti hangszigetelő rendszer prototípusa, ami kialakításának köszönhetően bármilyen tér adottságaihoz képes hajlékonyan alkalmazkodni. A különböző kompozíciók ragasztással egyszerűen rögzíthetők a falfelületen, és a funkcionalitás lejárta követően a panelek egyszerűen komposztálhatók. Így a termék semmiféle ökológiai lábnyomot nem hagy maga után. Több életciklusú tárgy, mert a hangelnyelő funkció mellett komposztálást követően tápanyagként szolgál a különböző növényi szervezetek számára. Vagyis a micéliumból nőtt termékek erősen kötődnek a ciklikus dizájn szemlélethez.

Az anyagvezérelt tervezési módszer során létrejött végeredményeket fontos bizonyos szempontok mentén osztályozni. Elwin Karana módszertanában az anyagkutatás eredményeit, így a tervezési koncepciókat és azok manifesztumait három csoportba sorolja:

1. Hipotetikus eredmény. – Ebben az esetben az anyagkísérletekből levont tanulságok mintegy hipotézisként működnek, funkcionális végcélra irányuló kivitelezés nem történik.

2. Prototípusos eredmény. – Ilyen eredmények esetén megtörténik a funkcionális végcél felé törekvő prototípusok felállítása. Ezek még nem képesek teljes mértékben ellátni a funkciójukat, viszont olyan tanulságokkal szolgálnak a tervező számára, amelyek nyomán használható tárggyá lehet fejleszteni a koncepciót. Kutatásom eddigi eredményeit ebbe a kategóriába sorolom. További



Látványterv

fejlesztéssel, a jelenlegi prototípus tanulságait levonva létre fog jönni egy többciklusú, mindennapi felhasználásra alkalmas dizájn produktum.

3. Konvencionális anyagként használható végeredmény. – Ilyen eredmények esetében a micéliumból, vagy egyéb bio anyagokból létrejött materiák túllépnek a kísérleti stádiumon. Ezek olyan stabil tulajdonságokkal rendelkeznek, hogy tartósan ki tudnak váltani egyéb, nem fenntartható anyagokat, így a micélium esetén a különböző polimerek alternatíváiként jelent-

keznek.

Kutatásom végkimenetelét a micéliummal való együttműködés további alakulása határozza meg. Fontos hangsúlyozni, hogy az akusztikai panelként való alkalmazás nem végcélja, hanem egy lehetősége a micélium kompozitok alkalmazásának. Textiltervezőként számomra az alapanyag-fejlesztés áll első helyen, a funkcionális végcél sokkal inkább járulékos többlet, ami a létrejött matéria karakterizálását könnyíti meg.

Felhasznált irodalom

- Karana, E., Blauwhoff, D., Hultink, E. J., & Camere, S. (2018). When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials. *International Journal of Design*, 12 (2), 119-136.
- Lawher, Barbara; Wilson, Helen: *Textiles technology*, Heinemann Educational Publishers, Oxford, 2002.
- Márföldi Dóra Ashley Granterrel készített interjúja, 2019.
- Stamets, Paul: *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Ten Speed Press, Berkeley, 1993.
- Szili István: *Gombatermesztők könyve*, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1980.