

Binding Behavior Study of Mycelium in Flexible Formwork

Gülay ELBASDI¹, Sema ALAÇAM²

^{1,2} Istanbul Technical University, Graduate School of Science, Engineering, and Technology, Department of Informatics, Architectural Design Computing, Istanbul, Turkey

Latest studies in cultivated material design depict that the vegetative part of a fungus consisting of a network of rhizomatic and fibrous white filaments, the mycelium, could be an alternative for composites which composed of a ductile matrix and high-strength reinforcement. The goal of the present work is to discuss the potential of the usage of mycelium as a binding agent in free form geometry since mycelium acts as a natural self-assembling glue while following its metabolic cycle. Hence, shaping and re-shaping capabilities of mycelium-bond materials using fabric formwork is discussed. This study is the result of a series of experiments about mycelium-bond material that aims to investigate its re-shaping potentials by using an adjustable mold. We aim to make a comparison between initial and end shapes of cast material by implementing digital and analogue tools based on mycelium-based fabric formwork experiment. The formwork enables the designer to manipulate the boundary conditions of the fabric mold. The physical experiment setup consists of different initial geometry alternatives and the deformation is observed and measured numerically by time-based recording on top and section views. With the help of digital tools, experiments were documented as a process of formation. To analyze the mycelium-bond material, which refers to a material which can take form by growing mycelium under certain conditions, shaped by fabric formwork two different approaches were followed. The first approach is to keep the initial geometry defined by digital design tools of the fabric formwork fixed and to determine the resulting analogue shape from elastic deformation. The second approach is to keep the final analogue geometry fixed then to find the closest fit solution possible within a fabric formwork.

Keywords: cultivated materials, mycelium, form finding, fabric forming

Received: 14.12.2018

Accepted: 31.01.2019

Corresponding Author:
gulayelbasdi@gmail.com,

Elbasdi, G. & Alaçam, S. (2019). Binding Behavior Study of Mycelium in Flexible Formwork. JCoDe: Journal of Computational Design, 1(1), 01-10.

Miselyumun Yetiştirilmiş ve Esnek bir Malzeme Olarak Kullanımı Üzerine bir Araştırma

Gülay ELBASDI¹, Sema ALAÇAM²

^{1,2} İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, Mimari Tasarımda Bilişim, İstanbul, Türkiye

Biyo-temelli malzeme tasarımında yapılan son çalışmalar, miselyumun -mantarların vejetatif kısmı- toprak altında büyümesi süresince oluşturduğu ince beyaz filamentler ağının sünek bir matris ve yüksek mukavemetli takviyeden oluşan kompozitler için bir alternatif olabileceğini göstermektedir. Miselyum, doğal bir kendi kendini bağlayıcı olarak hareket ettiğinden, miselyumun serbest form geometrisinde bağlayıcı bir madde olarak kullanılma potansiyelini tartışmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada, kumaş kalıp kullanılarak miselyum bazlı malzemelerin şekil alma ve yeniden şekillendirilme kabiliyetleri tartışılmıştır. Bu potansiyel, sınır koşulları ayarlanabilir bir kalıp üzerinde yeniden şekillendirmeyi araştıran bir dizi deney ile gözlenmiştir. Bu kapsamda, miselyum esaslı malzeme ve kumaş kalıp deneyine dayanan dijital ve analog araçların uygulanmasıyla dökümü yapılan malzemenin başlangıç ve bitiş şekilleri arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Hazırlanan deney düzeneği, tasarımcının kumaş kalıbının sınır koşullarını manipüle edebilmesini sağlar. Buna göre, farklı başlangıç geometri alternatifleri oluşturulmuş ve deformasyon, üst ve kesit görünüşlerde zamana dayalı olarak gözlemlenip ölçülmüştür. Dijital araçların yardımıyla deneyler bir oluşum süreci olarak belgelenmiştir. Belirli koşullar altında şekillenen malzemeyi ifade eden miselyum esaslı malzemenin kabiliyetini incelemek için iki farklı yaklaşım izlenmiştir. İlk yaklaşım, sabitlenen kumaş kalıbının dijital tasarım araçları ile tanımlanan başlangıç geometrisini korumak ve ortaya çıkan analog şekli elastik deformasyon yoluyla saptamaktır. İkinci yaklaşım, bir kumaş kalıbı içinde mümkün olan en yakın uyumluluk çözümünü bulmak üzere son analog geometriyi sabit tutmaktır.

Anahtar Kelimeler: biyo-temelli malzeme, miselyum, biçim bulma, kumaş kalıp

Teslim Tarihi: 14.12.2018

Kabul Tarihi: 31.01.2019

Sorumlu Yazar:

gulayelbasdi@gmail.com,

Elbasdı, G. & Alaçam, S. (2019). Miselyumun Yetiştirilmiş ve Esnek bir Malzeme Olarak Kullanımı Üzerine bir Araştırma. JCoDe: Journal of Computational Design, 1(1), 01-10).

1. GİRİŞ

Deneyisel araştırma yöntemleri tasarım disiplininde kullanılmaya başladıkça tasarımcının fiziksel çalışma ortamında değişimler gözlenmiştir. Tasarım stüdyoları ve laboratuvar ortamlarının bütünleştirilmesiyle tasarımcılar için yeni bir pratik alanı oluşmuş; bu da tasarımcılara materyal teknolojileri üzerine deneyisel araştırmalar yapma imkanı sağlamıştır. Bu bütünleşik çalışma alanları, tasarımcıların yaşayan organizmalarla deneyler yapmalarına olanak tanımış; bakteri, mantar ve alg gibi organizmalar da tasarım sürecine dahil edilmiştir.

Tasarımcılar, genellikle yeni çözümler bulmak için doğayı bir 'rol model' olarak ele almış, doğada gözlemlenen süreçleri ve davranışları manuel veya dijital yöntemleri kullanarak kendi tasarım süreçleriyle bütünleştirmişlerdir. Doğadan esinli tasarım çoğunlukla biçim bulma teknikleri ve doğayı davranışsal anlamda taklit etme (biyobenzetim) ile ilişkilendirilmiş, bu da biyolojik sistemi oluşturan parçaların önemini geri planda kalmasına neden olmuştur. Doğa ile işbirliği içerisinde çalışan tasarımcılar ise yeni ürünler elde etmek ve yeni üretim teknikleri bulmak için mikro-organizmalarla çalışmaktadırlar. Canlı bir yapının, bir malzeme içerisindeki davranışı, fonksiyonu ve mekanizmasının araştırılması biyomateryal üzerine çalışan biliminsanlarının alanı olsa da, bir tasarımcının da bu süreci deneyimleyebilmesi ile birlikte, tasarımcıların interdisipliner işbirliği kurarak materyal üretimi ve tasarımında pay sahibi olmaya başladıkları gözlenmektedir.

Çalışmanın genelinde, deneyisel araştırma süreci boyunca bilginin işleme akışının biyolojik bir sistemdeki büyüme akışı üzerinden nasıl modellendiğini kavramak, başka bir deyişle; biyo-sistemlerin yapı, görünüş, metabolizma, büyüme, tepki, adaptasyon, hareket ve reproduksiyon gibi özelliklerinin yeniden nasıl modellendiğini kavramak ve bu özelliklerin öz-örgütlenme, sürü hareketi, kolonisel gelişim ve belirme gibi yaklaşımlar üzerinden değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamında öncelikle, istridye mantarının (*Pleurotus ostreatus*) vejetatif kökleri (miselyum) mikro ve makro ölçekte incelenmiştir. Miselyum kullanılarak geliştirilen materyallerin yaratım sürecinde gerçekleştirilen esnek kalıp deneyleri biçim bulma teknikleri üzerinden açıklanmaktadır. Bununla birlikte, miselyum yardımıyla farklı fonksiyon ve estetik özelliklere sahip materyal yetiştirme olanakları tartışılmaktadır.

Bu olanaklar yazarlar tarafından gerçekleştirilen fiziksel deneyler ve gözlemler üzerinden aktarılmaktadır. Bu çalışmalar steril olmayan ortamlarda yapıldığından miselyum büyüme örüntüsü üzerinden kesin sonuçlar çıkarılamamış; ancak, bu örüntünün substrat olarak kullanılan malzemeyi zaman içerisinde sağlamlaştırdığı sonucuna varılmıştır. Öncelikle miselyum esaslı malzemenin nasıl üretileceğine dair bir tarifleme yapılmış, sonrasında ise miselyumun bu belirme özelliğini kullanabilmek için esnek kumaş kalıplar tasarlanmıştır. Bu kalıplar üzerinde miselyum esaslı malzeme x ve y akslarında sabit z aksında ise ayarlanabilir dinamik

kalıp yardımıyla belli zaman aralıklarında şekillendirilmiştir. Fiziksel form bulma, esnek kalıbın sınır koşullarının manuel yöntemlerle hareket ettirilerek değiştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Oluşturulan tüm kalıp deneylerinde miselyum esaslı malzemenin kısıtlarını gözlemleyebilmek için dinamik modeller tasarlanmış, böylece sertleşme süresi uzun olan miselyum esaslı malzemenin (MbM) yeniden şekil alabilme potansiyeli araştırılmıştır. Bu dinamik deneylerde formun alacağı şekil tahmin edilse de tam olarak bilinmemektedir. Bunun sebebi ise gelişmesi çevre ortamlarına bağlı olan miselyumun substrat üzerinde sağlıklı olarak gelişim hızının değişken olmasıdır.

Fiziksel deneylerde ise dinamik, sınır koşulları tasarımcı tarafından ayarlanabilir esnek bir kumaş kalıp üzerinde miselyum esaslı malzemenin ölü yükü ile aldığı form kesit düzleminden, deney süresince izlenen miselyumun büyüme örüntüsü de plan düzleminden fotoğraflanarak zamana bağlı olarak kayıt altına alınmıştır. Fiziksel deneyden elde edilen imajlar soyutlaştırılarak kesite aktarılmış ve malzemenin öngörülen davranışı üzerine yazar tarafından deney öncesi çıkarılan kesit ile karşılaştırma yapılmıştır. Bu sayede miselyumun substrat üzerinde zaman içerisindeki büyüme potansiyeli ile ilgili olarak tahmin yürütülmüştür. Plan düzleminden elde edilen imajlar ile miselyumun hangi konumda daha iyi gelişme gösterdiği araştırılmıştır.

Yazarlar, miselyumun, belirme özelliği olarak kabul edilebilecek, üzerinde yetiştiği malzemeyi bağlayıcı niteliğini kullanarak serbest form üretme potansiyelini araştırmaktadır. Bu araştırmayı esnek kalıplar üzerinden gerçekleştirme sebebi de zaman içerisinde kalıp üzerinde sınır koşullarını değiştirebilme ve organik formlar elde edebilme olanağıdır. Bu potansiyeli araştırmak için oluşturulan deney düzeneklerinde hem esnek kalıbın hem de miselyum esaslı malzemenin elastik deformasyona uğraması istenmektedir. Ancak, esnek kalıpta yalnızca elastik deformasyon görülmesi beklenmekte; miselyum esaslı malzemede ise hem plastik hem de elastik deformasyon oluşması öngörülmektedir. Yazarlar da bu öngörü üzerinden hem tahminler üretmekte hem de deney düzeneğini tasarlamaktadırlar. Miselyum esaslı malzemenin kalıp üzerinde elastik deformasyondan ziyade plastik deformasyona uğraması olasılığı, deneyin başladığı zamandan itibaren düzensiz olarak artmaktadır. Bu düzensiz artışın sebebi, canlı olan miselyum hücrelerinin her substrat üzerinde ve her ortam şartında gelişme hızının farklı olmasıdır. Bu durum gerçekleştirilen deneylerin en önemli kısıtlarındandır. Bu sebeple, deneylerin ekipmanlı ve steril bir laboratuvarda yapılması, bunun yanında disiplinler arası işbirliği içerisinde çalışılması önerilmektedir.

Bu kısıtlar göz önüne alındığında, yapılan deneylerde malzemenin her seferinde farklı belirme davranışı göstermesi beklenmiştir. Çünkü malzemenin oluşması süresince gerekli şartlar farklılık göstermektedir. En başta yalnızca miselyum sporu ve substrat malzemedan oluşan bu karışım, zamanla miselyum esaslı malzemeyi oluşturur. Hazırlanan deneyler de tam bu süreç içerisinde gerçekleştirilir. Çünkü, substrat üzerinde gelişen miselyum, substratı beyaz hifleriyle tamamen kaplarsa malzeme

neredeyse rijit bir hale, bir başka deyişle, elastik deformasyona dayanıklı hale gelmektedir. Bu deneylerle elde edilmek istenen ise, malzemenin bu oluşum sürecinde tasarımcının biçime etkisini daha önce çalışılmamış miselyum esaslı malzeme ve esnek kalıp kombinasyonu ile araştırmaktır.

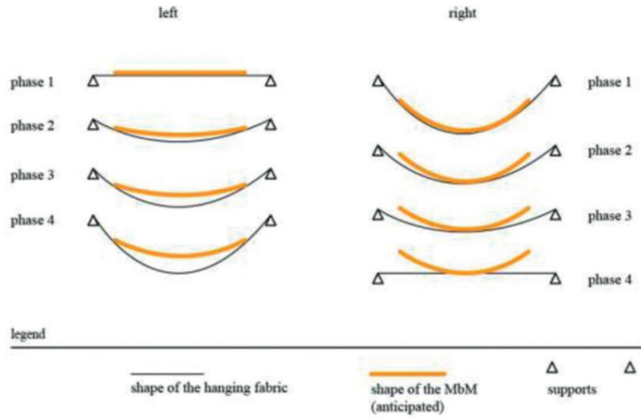
2. VAKA ÇALIŞMASI: FİZİKSEL FORM BULMA YOLUYLA MİSELYUM-BAZLI MALZEMENİN HESAPLANABİLİRLİĞİ

Deneylere iki farklı gerginlik koşuluna sahip bir set ile başlandı ve bir hafta boyunca miselyum büyümesini gözlemlendi. İlk deneyde malzeme özelliklerine ve davranışlarına dayanan form bulgusunun araştırılması amaçlandı. Kumaş kalıpta MbM'nin davranışını gözlemlemek için iki adet serbest asılı kumaştan oluşan ayarlanabilir, kumaşın sınır koşulları manipüle edilebilir, kumaşın hangi noktalarında desteklendiğine ve bu desteklerin hangi yönlere sabitlendiğine karar verilebilir bir kalıp tasarlandı. Bu sayede tasarımcı elastik deformasyondan nihai sonuçta oluşan şekli belirleyebilmektedir (Veenendaal ve Block, 2012). Yazarların destek yükseklikleri üzerindeki ayarlamalarından sonra beklenen form bulma durumları Şekil 1'de sunulmuştur.

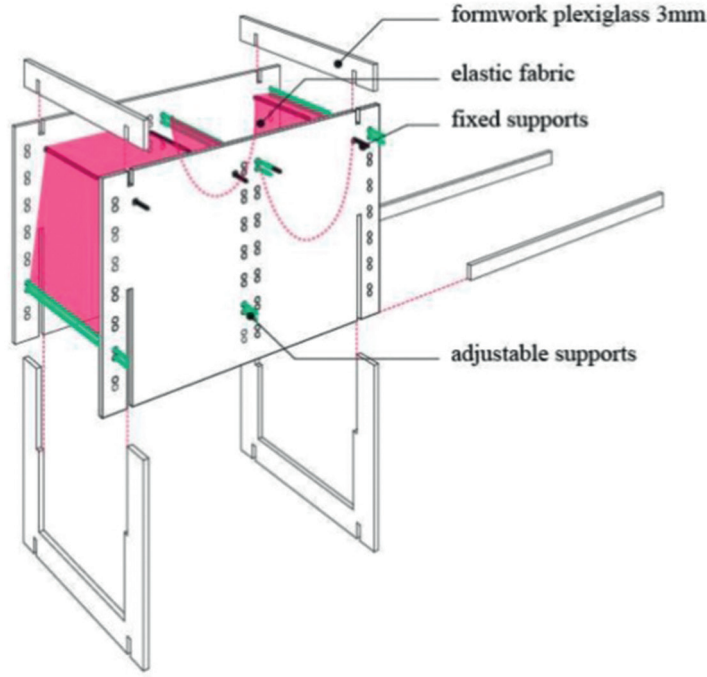
MbM'nin formunu keşfetmek için yürütülen Deney 1, iki karşıt tarafın statik ve baz yüzeyin elastik olduğu düzenektir. Fiziksel kurulum şekli formu X düzleminde sınırlar, Y düzleminde değişikliklere izin verir (Şekil 2).

İlk serbest asılı kumaş, sırasıyla yatay desteklerden gerilir ve desteklerden yavaş yavaş serbest bırakılır (Şekil 3). İkinci serbest asılı kumaş ilk önce yatay desteklerden örülür ve buradan yavaşça serbest bırakılır. Her iki durumda da, miselyum karışımı tek bir kumaş tabakası üzerine yerleştirilir ve buna uygun olarak kumaş malzemenin ölü yükü ile deforme olur. İlk 24 saat içerisinde, optimal koşullarda, miselyum büyümeye ve ağını genişletmeye başlar. Miselyum daha fazla büyüdükçe, malzemenin farklı bir şekli alması güçleşir. Miselyumun bu belirme davranışı, alçının dehidrasyonla katılaşması süreci ile benzerdir.

İlk denemede materyal davranışı gözlemlenerek, MbM'nin içeriğindeki canlı madde miselyum sayesinde yeniden şekillendirilebilir bir materyal olarak hareket edebileceği düşüncesi ortaya konmuştur.



Şekil 1: Fiziksel form bulma ve MbM'nin alabileceği tahmin edilen formun grafiksel gösterimi.



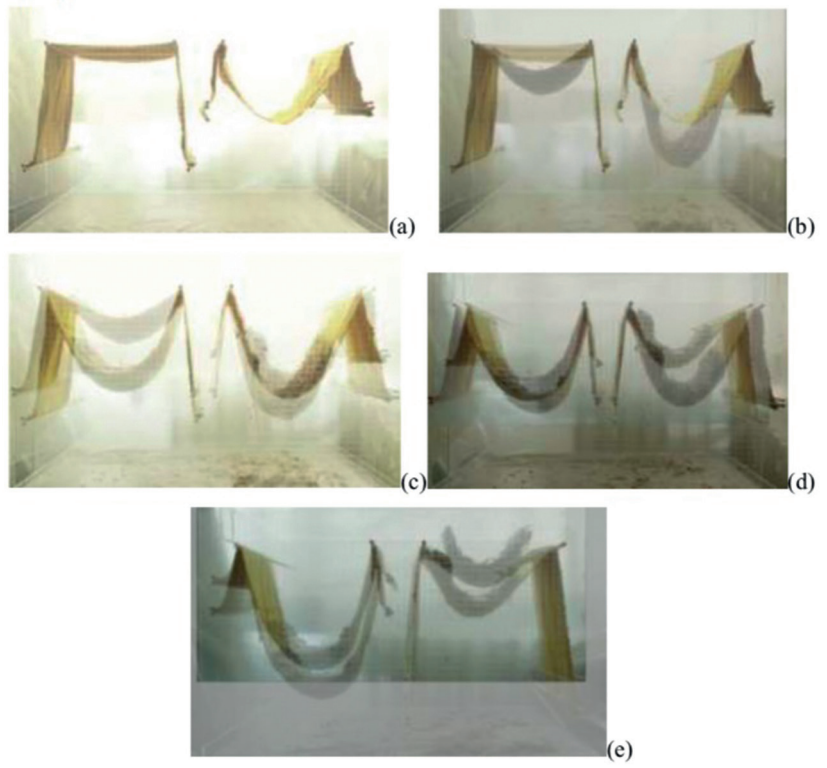
Şekil 2: Serbest asılı kumaş kalıp kurulumu

Kabuğun malzemesi	Form-aktif yapı	Form-aktif tipoloji	Kalıbı stabilize etme yolu	Sertleştirici malzemeyi işlemek için teknik	Güçlendirme
Miselyum tohumu, saman, buğday kepeği ve su	Sıkı esnek kumaş	tek katman	serbest asılı	döküm	saman

Tablo 1: Deney 1'de kullanılan malzemeler ve işlevleri. Tablo ISoFF'tan (Url-1) türetilmiştir.

Daha sonra, bir döküm deney seti, tasarımcının sınır koşullarını kenarlardan değil, kumaşın kendisinin yüzeyinden manipüle edebildiği ayarlanabilir bir kalıp olarak hazırlandı. Bunu yapmak için, çıkarılabilen bağımsız çubukları olan bir noktasal deney seti tasarlandı. MbM kumaş kalıbı haline gelmeyi denemek için yapılan deney, kumaşın (ön-düzlemde) ve ön-stresin (ön-düzlemde) ve MbM basıncının (normal-düzlem) kombinasyonu ile önceden gerilmiştir. Bu yöntemin genel dizisi şu şekildedir: bir kumaş parçası, lazerle kesilmiş pleksiglas ve dikey olarak yerleştirilmiş ahşap çubuklar üzerinde homojen olarak gerilir. Daha sonra miselyum karışımı kumaş üzerine yerleştirilir. Kumaş ek yük ile deforme olur. Daha fazla miselyum geliştikçe, malzeme her geçen gün sertleşir.

İlk miselyum örüntüsü görülebildiğinde, her iki karşılıklı çubuk da yerinden çıkarılır. Bu noktalarda kumaş zayıflar, bu da kesit görünümünde MbM'nin öngörülemez yer değiştirilmesi ile sonuçlanır. Kamera ile kaydedilen malzemenin bu yer değiştirme eğrisi, zaman kısıtlamasına bağlı olarak malzemenin sınırlarını gösterecektir.



Şekil 3: Beş fazda form bulma durumları: (a) serbest asılı kumaşların başlangıç aşaması, (b) başlangıç fazı ve birinci fazın üstdüştümü, MbM'yi yükledikten sonra biçimlendirme, (c) ikinci fazın ve birinci fazın üstdüştümü, (d) üçüncü fazın ve ikinci fazın üstdüştümü, (e) üçüncü fazın ve dördüncü fazın üstdüştümü.



Şekil 4: Deney üzerinde gözlem yoluyla görsel hesaplama.

Kabuğun malzemesi	Form-aktif yapı	Form-aktif tipoloji	Kalıbı stabilize etme yolu	Sertleştirici malzemeyi işlemek için teknik	Güçlendirme
miselyum yetiştirme kiti	esnek kumaş	tek katman	ön gerdirme	döküm	talaş

Tablo 2: Deney 2’de kullanılan malzemeler ve işlevleri. Tablo ISoFF’dan (Url-1) türetilmiştir.

3. BULGULAR

Kumaş ile şekillendirme çalışmaları üzerine yapılan gözlemlere dayanarak, fiziksel form bulma yöntemi kullanılması tercihi sebebiyle tasarımcının kalıp düzeneği ve kalıptaki esnek malzemelerin deformasyonu kısıtlarını gözetmesi gerektiği sonucu çıkarılır (Elbasdı ve Alaçam, 2016).

Bununla birlikte, MbM üzerine yapılan araştırmalara dayanarak, malzemenin yeniden şekillendirmeye uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Elbasdı ve Alaçam, 2017). Yeniden şekillendirme malzemenin ölü yükü veya üzerine uygulanacak bir basınç kaynağı ile sağlanabilir. Bunu yapmak için Veenendal ve Block’un (2012) yaklaşımları takip edilebilir. İlk yaklaşım, sabitlenen kumaş kalıbının dijital tasarım araçları ile tanımlanan başlangıç geometrisini korumak ve ortaya çıkan analog şekli elastik deformasyondan saptamaktır. İkinci yaklaşım, bir kumaş kalıp içinde mümkün olan en uygun çözümü bulmak için son analog geometriyi sabit tutmaktır.

Miselyumun substrat üzerinde onu çepeçevre saracak kadar gelişmesi, malzemenin oluşma evresinin sonuna geldiği anlamına gelmekte ve oluşan bu malzeme son işlemlere ihtiyaç duymaktadır. Oluşan miselyum esaslı malzeme, miselyum sayesinde sağlamlaşmış ve kırılğan bir yapı haline gelmiştir. Ancak, canlı olan miselyumlar malzeme üzerinde kırık olması durumunda dahi bu bölgelerde gelişerek malzemenin sürekliliğini sağlayabilmektedirler. Yapılan deneyler süresince de malzemenin bu avantajlı durumu gözlenebilmektedir. Sonuç ürün -substrat malzemeye bağlı olmak üzere- hafif, sürdürülebilir, kirliliğe yol açmaz, suda yüzebilir ve yalıtkan bir malzemedir. MbM’nin önemli görülen ve bu makalede anlatılmak istenen özelliği ise malzemenin serbest biçim oluşturabilmeye izin vermesi; verilmek istenen biçime ulaşılmasa dahi -alçı ve betonun çabuk kuruma özelliğinden ayrılarak- uzun süreç içerisinde de biçimsel manipülasyona açık olmasıdır. Yapılacak manipülasyon yalnızca kalıbın sınır koşullarını değiştirerek değil, malzeme üzerine uygulanacak baskı sayesinde de elde edilebilir. Bu özelliği miselyum esaslı malzemeyi hem sanatçılar ve tasarımcılar hem de malzemedan yalnızca fonksiyonel anlamda yararlanmak isteyenler için avantajlı duruma getirmektedir.

4. SONUÇ

Bir formun oluşturulması için malzemeye uygulanan yöntemler genellikle bir tasarım sürecinin sonunda deneyimlenir. Bu çalışma, malzemenin form alma potansiyellerini incelemek amacıyla, deneyler yoluyla analog ve dijital tasarım teknikleri arasında ilişki kurmayı amaçlamaktadır. Bu amaç, yazarların, sonuçtan ziyade materyalizasyon ve oluşum sürecine odaklanmasını sağlayan araştırma yaklaşımıyla elde edilmiştir. Ayrıca, bir başka amaç da, analog ve dijital form bulma yöntemlerini uygulayarak canlı materyallerle çalışırken formların ortaya çıkmasının öngörülebilir olup olmadığını anlamak idi. Form oluşumu, materyallerle çalışmadan mükemmel bir şekilde dijitalleştirilemez. Kumaş kalıplarının sayısallaştırılması araştırmacıların kapsamında olsa da, günümüzün CAD/CAM teknolojisi, malzeme davranışının tam olarak modellenmesine izin vermemektedir. Tasarımcılar halen tatmin edici sonuçlar elde etmek için dijital modeli beslemek üzere materyal deneyleri yoluyla malzeme davranışlarını anlama ihtiyacı duyarlar. Bu nedenle, bu çalışma, ayarlanabilir bir kalıp kullanarak miselyum bazlı malzemelerin (Mbm) 'form-alma' sürecinin potansiyel CAD/CAM entegrasyonu hakkında tartışmaları ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır.

Deney ve bulgularla yazar, kitlesel ürünlere alternatif olabilecek 'yetiştirilmiş' (Hebel ve Heisel, 2017) materyallerden oluşan yeni bina ve strüktür malzemeleri hakkındaki tartışmaya katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Her ne kadar deneme süreci ve sonuçlar tasarımcıya çeşitli tartışmalı konulara yol açsa da, bu çalışmanın ürün tasarımı, mimarlık ve inşaat endüstrisinde yeni bir anlayış getireceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada tasarım odaklı düşünce ile bilimsel bilgiyi birlikte kullanarak materyal üretimine yaşayan sistemleri entegre etme, bunu yaparken de tasarımcıyı materyal üretim sürecinin başından itibaren karar verici olarak konumlandırma düşüncesi amaçlanmaktadır.

Kaynakça

Elbasdi, G., Alacam, S. (2017). A Study on the Materialisation and Formation of Mycelium in Fabric Formwork. In M. J. de Oliveira and F. C. Osorio (Eds.), Proceedings of the Kine[SIS] tem International Conference 2017 (pp. 275-283). Lisbon: DIN MIA/CET-IUL.

Elbasdi, G., Alacam, S. (2016). An Investigation on Growth Behaviour of Mycelium in a Fabric Formwork. In A. Al-Attili, A. Karandinou, B. Daley (Eds.), Proceedings of Parametricism Vs. Materialism: Evolution of Digital Technologies for Development 8th ASCAAD Conference (pp. 65-74). London: Imperial House Publishers.

Hebel, D., Heisel, F. (2017). Cultivated Building Materials. Basel and Berlin: Birkhäuser.

Veenendaal, D., Block, P. (2012). Computational Form-finding of Fabric Formworks: An Overview and Discussion. Ohr, J. et al. (Editors). Proceedings of the 2nd International Conference on Flexible Formwork. Bath, UK, 368-378.

Url-1 < www.fabricforming.org>, date retrieved 10.06.2016.