

## ***3-Boyutlu İnşaat Yazımı ile Hızlı ve Güvenilir Barınma Çözümleri: Afet Sonrası Acil Barınma Birimleri Üretimi***

**Ramazan SARI**

*Antalya Bilim University*

**Ekrem Bahadır ÇALIŞKAN**

*Ankara Yıldırım Beyazıt University*

### **ÖZET**

**Amaç:** 3-B inşa yazımı teknoloji ve yönteminin acil barınma merkezi kurulumunda kullanılmasının getireceği fırsatlar, potansiyeller ve engeller öneri bir senaryo üzerinden araştırılmıştır.

**Metodoloji / Yaklaşım:** 3-B inşa yazımı teknolojisinin işleyişi, mevcut durumu, özellikleri ve geliştirilmeye açık alanları incelenmiştir. Acil barınmanın problem teşkil ettiği durumlar özetlenerek, acil eylem planlarında tarif edilen acil barınma merkezi kurulumu süreci 3-B inşa yazımı dahil edilerek yeniden kurgulanmış ve bir senaryo dahilinde sunulurken normal süreç ile birlikte değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Acil barınma birimleri üretiminde 3-B inşa yazımı yöntemi, hızlı olması, neredeyse sıfır atık bırakması ve yerel malzeme kullanımı gibi imkanları nedeniyle faydalıdır. Bunun yanında normal süreçte barınma birimleri standart olarak ve asgari düzeyde konfor ve barınma imkânı sağlarken, 3-B inşa yazımı barınma birimlerinde çeşitli kullanıcı odaklı konfor, ebat ve barınma seçenekleri oluşturabilir.

**Orijinallik:** 3-B inşa yazım yöntemi halen geliştirilmekte olan bir alandır. Acil barınma birimleri üretiminde 3-B inşa yazımının kullanılmasının getireceği olumlu ve olumsuz yönler bir senaryo üzerinden değerlendirilmiştir.

**Kısıtlamalar:** Araştırma, senaryo olarak kurgulanmış ve mevcut literatür çalışmalarından derlenen sentetik bulgularla desteklenmiştir. Çalışmanın gerçek hayatta uygulanabilir bir düzeye gelebilmesi için acil barınma ve 3-B

inşa yazımı paydaşları ile birlikte daha ayrıntılı çalışmalarla bulguların desteklenmesi gerekmektedir.

**Pratik Çıkarımlar:** Mevcut acil eylem planlarında kullanılan acil barınma birimleri üretim süresi ve maliyeti gibi kısıtlamalar nedeniyle kullanıcı odaklılıktan ziyade kurulumu en kısa sürede olacak şekilde kurgulanır. Ancak 3-B inşa yazımının hızlı olması ve yerel malzeme kullanım seçeneği, acil durum ortaya çıktıktan sonraki süreçte kullanıcının birtakım kişiselleştirme gereksinimlerini karşılayabilme gibi çeşitli imkanlar sunmaktadır. Bu durum 3-B inşa yazımının çadır ve konteyner gibi hazır çözümlerin sunduğundan çok daha konforlu ve kullanıcı odaklı barınma birimlerinin üretilmesine olanak sağlamaktadır

## **ANAHTAR KELİMELER**

3-B İnşa Yazımı, Acil Barınma Merkezleri, Kullanıcı Odaklı Tasarım

## ***Rapid and Safe Shelter Construction with 3-D Printing: Emergency Shelter Production for Post-Disaster Situations***

### **ABSTRACT**

**Purpose:** The opportunities, potentials and handicaps by use of 3-D printing in construction technologies and methods on emergency shelter construction have been investigated with a proposed scenario.

**Methodology/Approach:** State of the art of 3-D printing in construction technology has been explored by referencing key terms and terminologies. Emergency sheltering conditions and requirements were described in the official reports and a scenario is established incorporating the use of 3-D printing technology on establishment of an emergency shelter center instead of use of existing sheltering units.

**Findings:** In addition to taking benefit from general advantages of 3-D printing in construction such as rapid construction, the use of local material, and almost no waste disposal, it presents a certain level of user-oriented design and comfort at shelter units in terms of size and commissioning options.

**Originality:** 3-D printing in construction is a developing new topic. The paper investigates the advantages and disadvantages of 3-D printing technology in emergency shelter creation upon a scenario.

**Limitations:** The research is based upon the scenario of the use of 3-D printing in emergency shelter construction without making real-world experiments and thus relies on synthetic findings. The study must be supported by detailed in site experiments incorporating 3-D printing and emergency sheltering stakeholders.

**Practical Implications:** Regarding the existing official reports, emergency sheltering units are required to be constructed and installed as fast as possible when the emergency condition becomes real due to manufacturing time and cost limitations. Since 3-D printing has the ability to overcome such limitations, it has been revealed that there are also opportunities for the user to make a certain level of customization on the design and manufacturing of shelter units.

## **KEYWORDS**

3-D Printing in Construction, Emergency Shelter, User-Oriented Design

## **GİRİŞ**

Barınma yapıları modern insanın kültürel ve sosyal açıları ile beraber tarihsel gelişimi ile örtüşmektedir (ASASOĞLU, 2013). Barınma kelimesi insanın temel bir ihtiyacına nispeten çevresel etmenlere karşı güvenli ve korunaklı bir mekânda bulunma gereksinimini tanımlar. Bu nedenle kullanıcının gereksinime göre barınma ihtiyacının karşılığı olan yapı türü de çeşitlilik gösterir. Örneğin ailesinden uzakta eğitim almak için başka bir şehre taşınan bir öğrencinin temel barınma ihtiyacını karşılamak üzere yurt yapıları üretilirken (ÖZTÜRK & DİNÇER, 2020) kullanıcının kendisinin veya ailesinin barınma ihtiyaçlarını karşılaması için üretilen yapı türü ise genel anlamda konuttur (ASASOĞLU, 2013; KOLSAL & YEŞİLTEPE, 2020). Bunlar haricinde yoğun göçlerin yaşandığı, ya da doğal bir afet nedeniyle kullanılamaz duruma gelen yerleşim yerlerinde ortaya çıkan acil barınma ihtiyacını karşılamak üzere geçici yapı statüsünde kurulan çadırlar ya da prefabrik evler de bu kapsamda değerlendirilebilir. Barınma yapıları hem kullanıcıların geçici veya kalıcı olmasına göre hem de yapıların kalıcı veya geçici olma zorunluluğuna göre gruplara ayrılabilir. Buna göre belirlenen amaçlar ve fonksiyonel ihtiyaçlar doğrultusunda farklı yapı üretme teknikleri ile yapılaşma sağlanmaktadır. Kullanıcının barınma ihtiyacı yaşadığı dönemin kültürel, sosyal ve ekonomik koşulları ile beraber temel ihtiyaç tanımına göre de değişiklik göstermektedir. Mimari yapıların kullanıcının belirlediği ihtiyaç programı göz önüne alınarak şekillendiği göz önüne alınırsa barınma

yapılarının coğrafya, kültür, zaman ve buna benzer yerel değerlere göre değişiklik göstermesi olağandır. Günümüzde temel barınma ihtiyacını karşılamaya yönelik çeşitli türlerde olgunlaşmış yapı grupları oluşmuştur. Her ne kadar insanlık, teknolojik ve kültürel olarak kayıtlı insanlık tarihine göre daha önce hiç ulaşamadığı medeniyet düzeylerine gelmesine ve halen de gelişmeye devam etmesine rağmen, ekonomik, savaş, açlık, kıtlık, kültürel sorunlar ve çatışmalar nedeniyle insan toplulukları hala acil barınma ihtiyacı içerisinde olabilmekte ve buna yönelik hızlı ve güvenilir barınma çözümleri üretmektedir.

3-Boyutlu (3-B) inşa yazımı tekniği, 1980'lerde endüstriyel ürün üretmek için geliştirilen ve 2000'lerde inşaat sektörüne devşirilen bir teknolojidir (KHAN ET AL., 2020). Parçaların kendi yapım kurgusu içerisinde bir araya geldiği süreçte geleneksel inşaat sürecinden farklı olarak, 3-B inşa yazımı ile yapı yapmak demek, yapının bir kabuk gibi düşünülüp, yatay şeritler halinde dilimlere bölünüp bu dilimlerin sıkıştırılmış harç veya yazım malzemesi ile yatay şeritler halinde üst üste getirilip püskürtülen, macun halindeki yatay dilimin kendiliğinden diğer katmanlara yapışması ile mimari bir strüktür elde etmektir.

3-B inşa yazımı tekniğinin birçok yönden mevcut inşa yapım sistem ve yöntemlerine göre avantajları vardır. Fakat yeni gelişen bir teknoloji olması nedeniyle de çeşitli kısıtlamaları ve zorlukları mevcuttur. Ancak otomasyon sistemleri ve yapı bilgi modellemesi (Building Information Modelling) gibi günümüzün ve yakın geleceğin önemli kavramları ile uyumlu bir çalışma imkânı vermesi nedeniyle geliştirilmeye yatkındır. Sektör paydaşları ve araştırmacılar 3-B inşa yazımının ortaya çıkardığı mücadele alanlarını yeni imkân ve fırsatlar yaratarak aşmaya çalışmakta ve yaygınlaşmasını hızlandırmaktadır.

Yakın tarihteki gelişmeler neticesinde temel barınma ihtiyacının günümüzde ve sonrasında da devam edeceği öngörülebilir. Bununla birlikte 3-B inşa yazımı teknolojisinin acil barınma gereksiniminin olduğu durumlarda, mevcut yöntemlere göre avantaj ve dezavantajlarının belirlenmesi, sonuçları itibarıyla tüm paydaşlar açısından önemlidir. Literatürde ise 3-B inşa yazımının acil barınma sorunu ile ilişkisi belki de henüz yeni ve geliştirme aşamasında olan bir teknoloji olması nedeniyle yeteri kadar ilgi görmemektedir. Bu nedenle bu araştırmada, 3-B inşa yazımı ile barınma birimi üretiminin, acil barınma gereksinimin ortaya çıktığı durumlardaki potansiyel rolü, mevcut acil eylem planlarında gösterilen süreçlere göre

incelenmiş, olumlu ve olumsuz yönleri literatür verileri ile birlikte desteklenerek tartışılmıştır.

## **PROBLEM TANIMI, AMAÇ VE YÖNTEM**

Acil durumlarda kullanılmak üzere ilgili resmi kuruluşlar çeşitli acil durum senaryolarına göre eylem planları hazırlarlar ve acil durum ortaya çıktığında da eylem planı ile uyumlu olarak hızlı bir şekilde acil barınma merkezleri oluşturulur. Kullanımda olan eylem planları barınma birimi olarak çadır ve konteyner tipi basit ve geçici yapı türlerine yoğunlaşır. Çadırlar kolay depolanabilip, hızlı bir şekilde kurulabilirken, konteynerler fabrikada hızlı bir şekilde imal edilip, kullanım sonrasında da geri dönüştürülebilme imkanına sahiptir. Acil eylem planları, çadır ve konteyner türü seçeneklerin sahip olduğu bu imkanlar dahilinde geliştirilir ve asgari düzeyde standart kullanıcı konforu sağlanması için gerekli düzenlemeler yapılır.

3-B inşa yazımı ile yapı üretimi çadır ve konteyner seçeneklerinden çok farklı yöntemlerle işlemektedir. Bu nedenle acil eylem durumunda çadır ve konteynerden farklı süreç tariflerini gerekli kılmaktadır. 3-B inşa yazımının acil barınma merkezi oluşturulmasında kullanılması, sürecin 3-B inşa yazımının gereksinimlerine göre yeniden kurgulanmasını gerektirir. 3-B inşa yazımının acil barınma merkezi oluşturulmasında kullanımı ile ortaya çıkabilecek fırsat ve potansiyelleri ve eksiklikleri değerlendirmek bu araştırma çalışmasının problemi olarak belirlenmiştir.

Bu problemi tanımlamakla, 3-B inşa yazımının kullanımda olan acil barınma merkezlerine getireceği avantaj, dezavantajları ve kısıtlayıcı unsurları ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için ortaya konulan hedefler ve uygulama adımları ise şunlardır:

- Acil barınma sorununun tanımını yapmak ve çözüm yöntemini incelemek.
- Mevcut çözümlerin avantaj ve dezavantajlarını ortaya çıkarmak.
- 3-B inşa yazımının gelişimi ve sunduğu imkanları açıklamak.
- Acil barınma merkezi kurulumu için 3-B inşa yazımı ile barınma birimi üretiminin sunacağı avantajlar, dezavantajlar ve kısıtlamaları bir senaryo üzerinden tartışmak.

## **ARAŞTIRMA YÖNTEMİ VE ÇERÇEVESİ**

Araştırma yöntemi ve çerçevesi Şekil 1’de ifade edilmiştir. 3-B inşa yazımı, acil barınma sorunu ve mimari gereksinimi literatür taraması ile irdelenmiş,

ortaya çıkarılan bulguların birlikte düşünüldüğü bir kurgu içerisinde, resmî kurumların acil durum işleyiş süreçleri üzerinden yeni bir senaryo üretilerek analiz ve tartışması yapılmıştır.

	3-B İnşaat Yazımı	Acil Barınma	Mimari Gerekseim
Literatür Taraması	Tanımı, Özellikleri, Avantaj ve Kısıtlamaları	Tanımı, Türleri ve Özellikleri	Kapsamı, Kısıtları, Uygulama Türleri
Analiz- Tartışma	Öne Çıkan Avantajlar, Barınma Sorunu	Öne Çıkan Gerekçeler, 3-B İnşaat Yazımı	Maliyet, Zaman, Konfor, Kullanım Süresi
Sentez-Sonuç	3-B İnşaat Yazımı ile Barınma Yapıları	Kısa-Orta-Uzun Kullanım için Yapılar	Konfor ve Maliyet İmkan ve Kısıtlamalar

Şekil 1: Araştırma çerçevesi

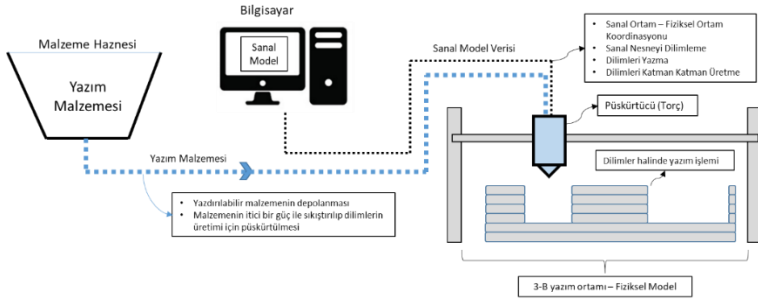
## KAVRAMSAL ÇERÇEVE

### 3-B İNŞA YAZIM TEKNOLOJİSİ

3-B inşaat yazımı sanal veya sayısal ortamda oluşturulmuş objenin kendiliğinden çalışan bir süreç içerisinde 2-boyutlu dilimlere bölünüp çok sayıda katmanlar ile oluşturulduğu “katkılı üretim” yöntemidir (BUSWELL ET AL., 2022; WU ET AL., 2016). Özellikle 2000’li yılların başında imalat sanayinde kullanımı yaygınlaşmaya başlayan 3B inşaat yazımı teknolojisi, geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla sunduğu avantajlar nedeniyle diğer sektörler tarafından da ilgi görmeye başladı. İnşaat sektöründe kullanabilir yöntem ve malzemelerin üretilmesi ile 2010’lu yıllardan itibaren 3-B inşaat yazımı teknolojisi ile küçük ölçekli yapı üretimine başlandı (TAY ET AL., 2017).

3-B yazım yöntemi Şekil 2’de ifade edildiği üzere üç ana bileşenden oluşur. Bunlar (i) yazım malzemesinin depolandığı malzeme haznesi, (ii) 3-boyutlu sanal modelin oluşturulduğu ve yazım işlemi için dilimlere ayrılıp yazdırma güzergahının belirlendiği bir bilgisayar ve (iii) yazım işlemi yapan cihazdan oluşur. Bilgisayar üzerinde oluşturulan sanal model yazdırma cihazı ile uyumlu ara bir platforma aktarılır. Bu platformda sanal model, yazdırma cihazının püskürttüğü malzeme ve kalınlığa göre yüksekliği belirlenen dilimlere ayrılır. Bu dilimlerin yüksekliği şu an kullanımda olan cihazlarda 2 ile 5 cm arasında değişmektedir. Daha sonra bu dilimleri cihazın yazabilmesi için dilimler üzerinde cihazın seyir yapacağı güzergâh, platform tarafından belirlenir. Tüm bu işlemler neticesinde ara platform, aktarılan modelin dilimlere ayrılmasını ve seyir güzergahını canlandıran bir simülasyon üretir.

Operatör bu simülasyonun doğruluğunu onayladıktan sonra fiziksel ortamdaki yazdırma alanında yazım cihazı dilimleri üretmeye başlar. Ara platformun kendisine ilettiği dilimler ve seyir güzergâhına göre yazdırma cihazındaki püskürtme aparatı malzeme haznesinden itici bir güç ile çektiği ve sıkıştırdığı malzemeyi ara platformdaki simülasyonda olduğu gibi yazma işlemine yapar.

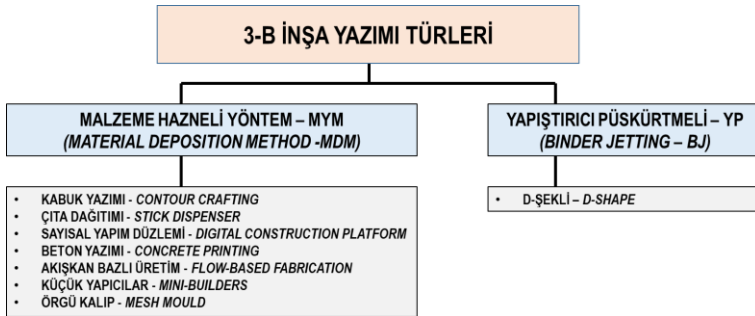


Şekil 2: 3-B yazım yönteminin temel bileşenleri (BOS ET AL., 2016)

3-B inşa yazımı ile ilgili literatürdeki çalışmaları incelendiğinde araştırmaların beş kategoride odaklandığı görülmektedir. Bunlar, dünya dışı ortamlarda yapı üretimi (BULGER & SKONIECZNY, 2016; ROMAN ET AL., 2016; TROEMNER ET AL., 2022; ULUBEYLİ, 2022; YASHAR ET AL., 2021), 3-B inşa yazımı ile ilgili yeni yöntem önerisi (GOSSELIN ET AL., 2016; LACHMAYER ET AL., 2021; PRASITTISOPIN ET AL., 2021), malzeme geliştirilmesi (BUCHANAN & GARDNER, 2019; RAHUL & SANTHANAM, 2020; SHAHZAD ET AL., 2021; TING ET AL., 2021), BIM ile uyumluluk (JIANG, 2021; SAKİN & KİROGLU, 2017; SMARSLY ET AL., 2021; WANG & SKIBNIEWSKI, 2019) ve eleştiren değerlendirmedir (ROLLAKANTI & PRASAD, 2022; TAY ET AL., 2017; WU ET AL., 2016). Bu nedenle uygulamada birçok çeşitliliğe sahiptir. Şekil 3'te belirtildiği üzere 3-B inşa yazımı Malzeme-Hazneli-Yöntem- MHY (Material Deposition Method – MDM) ve Yapıştırıcı Püskürtmeli- YP (Binder Jetting - BJ) olarak iki kategori altında 8 türde kullanımdadır. Kabuk ve beton yazımı türleri, harç malzemesi olarak çimento bazlı ürünler kullandığı için piyasada en çok rağbet gören türlerken, çıta dağıtımı, sayısal yapım düzlemi, akışkan bazlı üretim, küçük yapıcılar ve örgü kalıp ise deneysel çalışmalarıdır. Özellikle küçük yapıcılar ve örgü kalıp yöntemleri dünya dışı ortamlarda otomatikleştirilmiş süreçlerle yapı üretimi alanında kullanılabilmesi için

geliştirilmekte olan türlerdir. Yapıştırıcı püskürtmeli yöntemdeki tek tür olan D-şekli ise patentli bir ürün olup, diğer türlerden farklı olarak, yapıştırıcıyı toz katmanlar halinde yazım alanına serpiştirilen ortama püskürterek yazım işlemini yapar. Dolayısıyla her katmana püskürtme işlemi öncesi toz halindeki yazım malzemesi serpiştirilmelidir. Ancak Şekil 4'te gösterildiği üzere D-şekli ile diğer yazım türlerinden çok daha farklı ve daha doğal görünümlü ürün/yapı yüzeyi elde etmek mümkündür.

Çıta dağıtım yönteminde yapıştırıcı sürülmüş ahşap çubuklar bir dağıtıcı cihaz ile bilgisayar kontrollü bir güzergâh üzerinde katmanlar halinde üst üste bindirilerek bir araya getirilir. Şekil 4'te çıta dağıtım yöntemi ile üretilmiş bir barınma birimi örnek olarak gösterilmiştir. Kabuk yazımı yönteminde malzeme haznesinden çekilip sıkıştırılan ve macun kıvamında bilgisayar kontrollü bir güzergâh üzerine boşaltılan yazım malzemesi katmanlar halinde üst üste bindirilerek yazım işlemini yapar. Kabuk yazım yönteminde yazım malzemesi olarak betonun yanında seramik gibi başka malzemeler de kullanılabilir. Yine Şekil 4'te kabuk yazımı yöntemi ile üretilmiş bir barınma birimi örnek olarak gösterilmiştir.

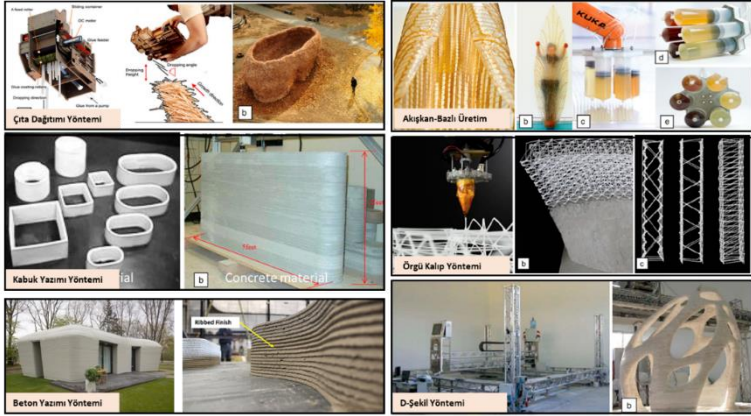


Şekil 3: Kullanımda olan 3-B inşa yazımı türleri (TAY ET AL., 2017)

Beton yazımı yönteminde yazım malzemesi mukavemeti arttırılmış betondur. Uygulamada en çok örneği görülen yöntem beton yazımı yöntemidir. Yazım işlemi tamamlandıktan sonra oluşan yüzey, yazım işlemi katmanlar halinde yapıldığı için girintili ve çıkıntılıdır. Kullanıcıların bir kısmı bunu sorun olarak görürken bir kısmı önemsememekte, bir diğer kısmı da beğenmektedir. Akışkan bazlı üretim, mini yapıcılar ve örgü kalıp yöntemleri kompozit malzeme kullanarak otomatikleştirilmiş süreçler dahilinde yazım işlemini



yapar ve genelde dünya dışı ortamlarda uygulanmak üzere geliştirilmektedir. Şekil 4'te bu yöntemlerle üretilmiş çeşitli yapı örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 4: Kullanımda olan 3-B inşa yazım yöntemleri (TAY ET AL., 2017)

### 3-B İNŞA YAZIMI VE GELENEKSEL İNŞAAT SÜRECİ

Geleneksel inşa sürecinde yapı bileşenleri kendi üretim yöntemlerine göre atölye veya sahada üretilip birleştirilir. Dolayısı ile şantiye ortamı birçok farklı üretim yönteminin bir araya geldiği bir ortak çalışma alanıdır. Üretim ve imalat malzemeleri tedarikçilerden, üretim ve imalat işi ise imalat ve yapım uzmanları tarafından yapılır. Üretim ve imalat malzemeleri belirli ebatlara ve miktarlara sahiptir. Ancak her inşaat projesi aynı inşa yöntemleri kullanılsa da mimari farklılıklar nedeniyle birbirlerinden farklıdır. Bu farklılık her inşaat projesi için farklı miktar ve işgücü kullanımını gerekli kılar. Bu nedenle standart olarak üretilen malzemeler, imalat ve yapım sırasında projeye göre ölçülendirilmekte ve kullanılmakta, geriye kalan malzemeler atık olmaktadır veya imkân dahilinde geri dönüştürülmektedir. Her ne kadar atık malzemenin azalması için önemli çalışmalar olsa da tamamen engellemek mümkün değildir. Böylelikle inşaat için gerekli üretim ve yapım malzemesi inşa edilenden daha fazla olmaktadır. Tasarım ve imalatla ilgili hatalar nedeniyle ortaya çıkan tamir ve tadilatlar da eklendiğinde hurdaya ayrılan malzeme miktarı ve harcanan iş gücü verimlilik ve kalite konusunda ciddi sorunlara sebep olmaktadır.

3-Boyutlu inşa yazımı yöntemi geleneksel sürecin aksine mimari tasarımın doğrudan makine ve robotlarla imalatını mümkün kıldığı için yapı kabuğu

İNŞAATI sırasında neredeyse sıfır atık çıkmaktadır. Çünkü malzeme haznesinde kullanıma hazır halde bekleyen yazım malzemesi yapı kabuğunun biçimine göre ve gerektirdiği hacim kadar kullanılmaktadır. Bu durum geleneksel İNŞA sürecinde var olan birçok sorunu azalttığı, hatta ortadan kaldırdığı gibi daha kısa sürede İNŞAATIN tamamlanmasına da İMİKÂN vermektedir. Örneğin 200 m2 büyüklüğündeki bir villa projesinin 3-B yazımı İKİ günde yapılabilir (PERKINS & SKITMORE, 2015). Üstelik mimari tasarımın doğrudan İMALATI yapıldığı İÇİN yapı kabuğu yapımında karşılaşılan tamir-tadilat işlemleri de en aza İNMEKTEDİR. 3-B İNŞA yazımının geleneksel İNŞA sürecine göre avantajları, dezavantajları ve kısıtlamaları İSE şöyledir:

### *Atık azaltma*

Bilgisayar modelleri doğrudan yazım işlemine alındığı İÇİN geleneksel İNŞA sürecine kıyasla daha az İŞÇİLİK gerekmekte ve ekipman kullanım farkı nedeniyle daha az enerji ve atık ortaya çıkmaktadır (PERKINS & SKITMORE, 2015).

### *Bilgisayar modelleri ile beraber çalışma:*

Son yıllarda mimarlık, mühendislik ve İNŞAAT sektöründe artan dijitalleşme ile birlikte yapı bilgi modellemesi gibi kavram ve teknolojilerin de yaygınlaşması hızlanmaktadır. Yapı projesi tasarım ve İNŞAAT aşamalarındaki yönetsel kontrol ve denetim böylelikle şantiye ortamından daha çok tasarım ortamına kaymaktadır. Her ne kadar yapı bilgi modeli disiplinlerin ve proje katılımcıların bir araya gelmesine olanak verip, tasarım aşamasında İNŞAAT ve İŞLETME ile ilgili birçok konunun çözülmesine İMİKÂN verse de bu dijitalleşme ve sanal ortam deneyiminin şantiye ortamındaki geleneksel üretim ve İMALAT yöntemlerine etkisi daha az olmuştur. 3-B İNŞA yöntemi İSE yapı kabuğu İNŞAATINI bilgisayar modeli ile doğrudan bağlantı kurarak yapı kabuğu İMALATINA çevirmektedir (PERKINS & SKITMORE, 2015). Böylelikle modellenen yapı kabuğu doğrudan İMALATI yapılabilir bir hale gelmiştir.

### *İşçilik*

Birçok ülkede İMALAT ve İNŞAAT sektöründe çalışacak yetişmiş ara eleman sıkıntısı vardır. İlerleyen zamanlarda şu an çalışmakta olan yetişmiş elemanların yaşlanacağı ve İŞ HAYATINDAN çekileceği göz önüne alınırsa otomatik hale getirilmiş ve robotların kullanıldığı yöntemlerin varlığı sektörün devamlılığı konusunda önem taşımaktadır. Böylelikle İMALAT ve

inşaat işlerinden ziyade 3-B inşa yazım cihazlarının sahaya taşınması, kurulumu ve yönetimi konularında istihdam edilecek uzmanlara ihtiyaç duyulacağı için diğer işgücü ihtiyacı de azalmaktadır (PERKINS & SKITMORE, 2015). Bunlarla birlikte, şantiye ortamı iş güvenliği ve sağlığı açısından yüksek tehlikeli olarak tanımlanan ortamlardan birisidir. Yapım yöntemi değişikliği ve sahada ihtiyaç duyulan işgücünün azalması sebebiyle inşaat sahasının tehlike seviyesi düşmektedir (PERKINS & SKITMORE, 2015). Böylece 3-B yazım teknolojisi geleneksel inşa yöntemine kıyasla daha sağlıklı ve güvenli iş ortamı sunmaktadır.

### *Hız*

Geleneksel inşa sürecine göre birçok inşa süreci ortadan kalktığı için 3-B yazım ile yapı üretimi oldukça hızlıdır. Örneğin 200 m<sup>2</sup> büyüklüğünde 2 katlı bir yapının imalatı geleneksel süreçte haftalar sürebilirken 3-B inşa yazımı ile 2 günden daha az sürede yapılmıştır (PERKINS & SKITMORE, 2015). Ancak bu karşılaştırmalar küçük ölçekli ve belirli yapı tipolojileri için yapılmakta olup, henüz karmaşık geometrili ve büyük projelerde test edilip değerlendirilmemiştir.

### *Maliyet*

3-B inşa yazımı yeni bir teknoloji olduğu için cihaz alımı gibi ilk yatırım maliyeti geleneksel inşa sürecinde kullanılan inşa teknolojilerine göre daha pahalıdır. Ayrıca 3-B inşa yazımında kullanılan yazım malzemeleri de normal inşaat işlerinde kullanılanlardan farklıdır. Örneğin günümüzde yapılarda C20 veya C30 türünde beton kullanılıyorken 3-B yazımında kullanılan çimentolu yazım malzemesi C100'dür (PERKINS & SKITMORE, 2015). Ancak neredeyse hiç atık olmaması ve birçok inşa yöntemini ortadan kaldırması gibi avantajlar nedeniyle kullanım maliyeti geleneksel sürece göre bazı yapı türleri için ucuzdur (PERKINS & SKITMORE, 2015; WON ET AL., 2022; WU ET AL., 2016).

### *Tasarımın biçimsel çeşitliliği*

Mimari tasarımın biçimsel zenginliği geleneksel inşa sürecinde bile maliyet ve inşa edilebilirlik nedeniyle kısıtlanıyorken, 3-B inşa yazımı teknolojisinin de inşa edilebilirlik konusunda belirli kısıtlamaları vardır (DE SCHUTTER ET AL., 2018; LABONNOTE ET AL., 2016). Ancak, geleneksel inşa sürecinde, imalat, kalıp, yapılabilirlik ve maliyet gibi temel kavramlar etken durumdayken, 3-B inşa yazımında, henüz teknolojinin yeni olması ve

karmaşık biçimleri üretmek için yazılım ve malzeme çeşitliliğin yetersiz oluşu gibi konular etkindir.

### *Yazılabilir malzeme*

3-B inşa yazımının en büyük avantajı yazım sürecinde kullanılabilir malzeme konusunda geleneksel inşa yöntemine göre çok daha fazla çeşitlilikte malzeme bulabilme seçeneğinin olmasıdır (PAUL ET AL., 2018; PERKINS & SKITMORE, 2015; TAY ET AL., 2017). Özellikle yerel toprak türlerine özgü yapıştırıcı malzemenin keşfedilmesi ve gerekli mukavemet koşullarını sağlayabilen yazım malzemesinin üretilmesi sadece dünya yüzeyinde değil diğer gezegenlerde de 3-B inşa yazımı ile gezegenlerdeki yerel toprak ile yapı üretimini mümkün kılabilir (BIGGERSTAFF ET AL., 2021; TROEMNER ET AL., 2022). Ancak şu anda kullanılan yazım malzemeleri maliyet olarak hala meslek uzmanlarının beklentilerini karşılayabilecek düzeyde düşük değildir. Yazılabilir yerel malzeme seçeneklerinin artması ile 3-B inşa yazımı yönteminin yaygınlaşmasını engelleyen en önemli faktörlerden birisi de ortadan kalkmış olacaktır.

### *Ölçek*

Yazım malzemelerinin yapısal özellikleri, kuruma süresi, yazdırma cihazının büyüklüğü ve püskürtme sisteminin kapasitesi gibi 3-B inşa yazımının temel bileşenleri ile ilgili geliştirme süreçleri halen devam ettiği için henüz küçük ölçekli yapı projeleri hayata geçirilmektedir (PERKINS & SKITMORE, 2015; ROLLAKANTI & PRASAD, 2022; WU ET AL., 2016). Büyük ölçekli yapı örnekleri çok azdır, araştırma ve uygulama çalışmaları devam etmektedir.

### *Doku*

3-B inşa yazım yöntemi ile üretilen yapı kabuğunun yüzeyinde çeşitli girinti-çukuntular oluşmaktadır. Bu pürüzlü yüzey yazım cihazının katman-katman yazım malzemesini üst üste bindirmesi nedeniyle oluşmaktadır. Yazdırma cihazı hızlandıkça ve katman kalınlığı arttıkça pürüzlülük artarken, katman kalınlığının ince olması ve yazdırma cihazının yavaş hareket etmesi pürüzlülüğü azaltmaktadır (BOS ET AL., 2016; KHAN ET AL., 2020).

### *Alt yapı*

Yapı kabuğu iç ve dış yüzey halinde çift cidarlı olarak üretildiğinden iç ve dış yüzey arasında boşluk bırakılmaktadır (BOS ET AL., 2016; KHAN ET AL., 2020). Bu boşluk içine yapının mekanik ve elektriksel sistemleri

yerleştirilebildiğinden geleneksel süreçte bu sistemlerin kurulumu için yapının kaba inşaatında yapılan çalışmalar ortadan kalkmaktadır. Bu boşluk ek olarak yapının ihtiyacı olan ısı konforunu sağlamak için yalıtım yapılmasına da olanak sağlamaktadır (BOS ET AL., 2016; KHAN ET AL., 2020).

### *Standartlar ve ürün rehberi*

Yeni gelişen ve halen geliştirilme sürecinde olan bir teknoloji olması, uygulamada örnek teşkil edebilecek yapıların henüz az oluşu gibi nedenlerle 3-B inşa yazımının çeşitli aşamaları için gereken standartlar ve ürün rehberleri ortaya konulamamıştır (PAUL ET AL., 2018; WU ET AL., 2018).

## BARINMA VE BARINMANIN PROBLEME DÖNÜŞMESİ

Barınmak en yalın haliyle çevresel etkilerden korunmak için kapalı bir yere sığınmak anlamındadır (TDK, 2022). İnsanlar en eski zamanlardan beri kendilerini bu etkilerden korumak ve güvenli bir yaşam alanı oluşturmak için yaşadıkları çevrede barınacakları alanlar oluşturmuşlardır. Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisinde tanımladığı gibi fizyolojik ve güvenlik gereksinimlerini karşılamak için çevreye ve iklime göre inşa edilen barınma birimleri tarihsel ve kültürel farklılıklara göre çeşitlilik göstermektedir.

En temel barınma yapısı olan konut veya ev, insanların barınma ve yaşam ihtiyaçlarına göre şekillenen bir yapı çeşididir. Diğer bir tanıma göre ev bir ailenin oturabileceği şekilde ve büyüklükte yapılmış konut olarak düşünülebilir (HASOL, 2014). Günümüzde, farklı coğrafyalarda ve farklı topluluklar için barınma çeşitlerinden bahsedilebilir. Örneğin, öğrenci yurdu, sosyal konut, otel ve büyük ölçekli ev çeşitleri (konak, saray ve bunun gibi) bu kapsama giren yapı türleridir. Bu çeşitlilik ihtiyaçlardaki farklılıklar ve ekonomik imkanlardan kaynaklanmakta ve temel ihtiyaçlardan olan barınma kavramını yapı sistemi içinde farklılaştırmaktadır.

Barınmanın bir probleme dönüşmesi genellikle arz ve talep arasındaki dengesizlikle oluşmaktadır. Konut problemi, gelişmelerle ve nüfus artışı ile birlikte tanımlı sürelerde oluşan ve yönetim birimlerinin geliştirdiği politikalarla ile varlığı ortaya konularak çözüm aranan bir alandır. Bunun yanında, ortaya çıkması önceden öngörülemeyen olaylar nedeniyle de konut ve barınma problemi ortaya çıkabilir. Doğal afetler ve buna benzer çeşitli olaylar barınma birimlerini kullanılamaz hale getirdiğinden ötürü ortaya kitlesel boyutlarda barınma ihtiyacı çıkmaktadır. (ÖMÜRGÖNÜLŞEN & MENTEN, 2021). Bu tür durumlarda kitlesel olarak ortaya çıkan acil barınma

gereksinimi için ilgili resmi kurumlarca afet ve acil durum yönetim planları oluşturulur ve acil durumun ortaya çıkış sürecine göre müdahale senaryoları geliştirilir. Afet ve acil durum yönetimi, planlama, hazırlık, müdahale ve kurtarma eylemleri sonrasında iyileştirme ve yeniden yapılandırma ile devam eder (KARAMAN & ALTAY, 2016). Afette evlerini kaybetmiş insanlara güvenli ve çevresel etkilerden korunaklı barınma birimleri oluşturmak iklim etkileri de düşünüldüğünde olabildiğince hızlı olmalıdır. (ATMACA & ATMACA, 2016). Geçici barınma birimleri bu durumlarda kullanılan ve bir planlama çerçevesinde hizmete alınan taşınabilir yapılardır (AFAD, 2019). Konteyner ve çadır gibi barınma birimleri mobil olarak belirlenen afet sonrası geçici barınma alanlarına ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak kurulur (AFAD, 2019; ÖMÜRGÖNÜLŞEN & MENTEN, 2021). Barınma alternatifleri ve barınma birimleri afet müdahale planlarında belirlenir ve afet sonrası kullanıma alınması gerekir. Bu nedenle insanların geçici süre ile konutu olacak barınma birimlerinin hızlı bir şekilde temin edilip, kullanıma alınabilmesi, aynı zamanda temel güvenlik ve barınma ihtiyaçlarını sağlayacak özelliklere sahip olması gerekir.

Savaş ve savaştan etkilenmiş alanlarda barınma birimlerini ihtiyaca göre oluşturmak da önemli bir problemdir. Savaşın şehirlerin gelişiminde olduğu kadar konut birimlerinin gelişiminde de olumsuz etkileri vardır (KALFAOĞLU HATİPOĞLU, 2020). Zarar gören veya yıkılan yapıların yerine gerekli sayıda barınma birimini hızlı bir şekilde inşa etmek ve bunu yaparken de kentin doğru bir planlama ile yapılanmasını sağlamak gerekir. Bir yandan da ekonomi ve insan kaynaklarını en fazla fayda sağlayacak şekilde kullanarak, talep edilen güvenli fiziksel çevre oluşturulmalıdır. Savaşın diğer bir etkisi de savaştan etkilenen ülkelerdeki insanları yakın ve orta derecedeki diğer ülkelere sığınması veya göç etmesidir. Son yıllarda yaşanan Ukrayna'daki ve Suriye'deki savaş durumunun devam etmesi nedeniyle milyonlarca insan mevcut yaşam alanlarını bırakıp diğer ülkelere kitleler halinde göç edip sığınmıştır ve farklı statü ve sürelerde bu ülkelerde yaşamaya çalışmaktadır. Örneğin Türkiye'de Ağustos 2022 tarihinde geçici koruma kapsamında 3.650.430 Suriyeli sığınmacı bulunmaktadır (T.C. İÇ İŞLERİ BAKANLIĞI, 2022). Daha yakın zamanda başlayan Ukrayna'daki savaş nedeniyle ülke içinde 8 milyondan fazla kişi yer değiştirmiş, 5 milyondan fazla kişi ülke dışına çıkmıştır (UNHCR, 2022). Bu gibi durumlarda ülkelere gelen insanlar, geçici barınma merkezlerine veya planlı bir şekilde şehirlere yerleştirilmeye çalışılmaktadır. Yer değiştiren insanların sayısının fazlalığı barınma birim ihtiyacını artırmakta, kalış sürelerinin uzaması ise çadır, konteyner gibi geçici

olarak planlanan barınma birimlerinin ihtiyaçlarını karşılayamamasına neden olmaktadır. Hızlı inşa edilebilen, ekonomik ve esnek, planlanabilir barınma birimleri geçici barınmanın göreceli olarak uzun sürdüğü bu durumlarda çok daha güvenli ve ihtiyaçları karşılayan çözümler sunabilir.

## ANALİZ VE TARTIşMA

### ACİL BARINMA VE 3-B İNşA YAZIMI

Savaş veya doğal afet gibi kitlesel barınma ihtiyacının bir anda oluştuğu durumlarda yönetim mekanizmaları hızlı, güvenilir ve kullanıcıların belirli düzeyde konfor ihtiyacını karşılayan basit yapılarla geçici barınma merkezleri oluştururlar. Bu tip durumlarda en çok tercih edilen barınma yapıları konteyner ve çadırlardır ([şANLIURFA İL AFET VE ACİL DURUM MüDüRLüğü, 2016](#)). Konteyner ve çadırın tercih edilme sebepleri, atölye ortamında hızlı üretimi, düşük maliyet, standart ebat, kalite ve konfor düzeyi sunması, ihtiyaç haricinde de sklp taşınabilmesidir ([ATMACA & ATMACA, 2016](#)).

Acil barınma merkezi oluşturulması için ilgili kurumlar yer seçimi, kapasite, alt yapı hizmetleri, barınma türü gibi temel tasarım kararlarını verirler. Özellikle kapasite ve barınma türüne göre gerekli çadır veya konteyner sayısı belirlenmiş olur. İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü ya da benzer hizmetleri veren diğer sivil savunma ve müdahale kuruluşlarında hızlı müdahale için depolarda belirli kapasitelerde çadırlar hazır bulunsa da aynı imkân konteynerler için bulunmamaktadır. Bu nedenle kapasite fazlası çadır veya gerekli sayıda konteyner alımı için ihale düzenlenir. İhale sürecinden sonra çadır veya konteyner imalatı yapılır ve acil barınma merkezine nakli ve sahada kurulumu yapılır. Acil barınma gereksinimi bittikten sonra, çadırlar veya konteynerler sökülebilir, başka bir yerde tekrar değerlendirilebilir veya hurdaya çıkarılarak geri dönüşüme gönderilebilir.

Geçici barınma yapıları kısa süreli kullanımlar için tasarlandığından kullanım sresinin uzaması durumunda kalıcı barınmaya dahil edilen ihtiyaçları karşılamakta yetersiz kalmaktadırlar. adır ve konteynerin termal, akustik ve diğer fiziksel konfor parametreleri düşük olduğu için kullanım sırasında iç mekan konfor şartlarını sağlamak yüksek miktarda enerji tüketimi yapılmasını gerekli kılmaktadır ([OBYN ET AL., 2015](#); [TAN & TAN, 2021](#); [WANG ET AL., 2015](#)). Ayrıca atölye veya imalathane ortamında üretilip geçici barınma merkezine nakil işleminin yapılması da sürdürülebilir tasarım yaklaşımında önemli bir olumsuz girdidir.



### 3-B İNŞA YAZIMI İLE ACİL BARINMA BİRİMLERİ ÜRETİMİ

Acil barınma merkezinin oluşturulması ile ilgili afet ve acil durum kuruluşlarının yayınladıkları raporlar çerçevesinde ilerleyen süreç Şekil 5'te görselleştirilmiştir. İlgili kuruluş afet ve acil durum eylem planına göre belirlenen kapasite tutarınca il müdürlüğünde belirli sayıda çadır depolanmaktadır (ÇINAR, 2018; ŞANLIURFA İL AFET VE ACİL DURUM MÜDÜRLÜĞÜ, 2016). Afet gerçekleştiğinde, kapasite yeterli gelmediği takdirde çadır veya konteyner alımı için ihaleye çıkılır. İhaleye üretici firmalar tekliflerini sunarlar. En uygun şartları sağlayan firma ihaleyi kazanır ve çadır veya konteyner üretimine başlar. Çadır veya konteyner üretimi için üretici firma diğer tedarikçi firmalardan sarf malzemelerini temin eder. Çadırların il müdürlüklerinde depolanabilme şansı olmasına rağmen, operasyonel nedenlerle konteynerler fabrikada üretilip doğrudan acil barınma merkezine nakli ve sonrasında montajı yapılır (ÇINAR, 2018; ŞANLIURFA İL AFET VE ACİL DURUM MÜDÜRLÜĞÜ, 2016). Çadırların sahada teknik personel tarafından kurulumu yapılır. Çadır veya konteynerler standart ölçülerde ve malzeme kalitesindedir. Fabrikasyon üretimlerde ölçülerin aynı olması üretim sürecini kısaltıp, ürünün daha ucuza imal edilmesini sağlar (PASQUIRE & GIBB, 2002). Bu nedenle örneğin; aile büyüklüğünün farklı olması ve üretimin her ailenin ihtiyaçları çerçevesinde yapılmasının düşünülmesi önemli bir gereksinimdir, fakat konunun acil barınma durumunun dışına çıkmasına ve üretim maliyetinin artmasına neden olur. Aynı durumun 3-B inşa yazımı ile ele alınıp afet sonrası acil barınma merkezi oluşturma süreci tekrar düşünüldüğünde süreç daha farklı olacaktır. Şekil 5'te görselleştirilen öneri sürece göre acil durum eylem planı doğrultusunda il afet ve acil durum müdürlüğünde belirli sayıda 3-B yazım cihazı bulunacaktır. Acil durumun gereksinimine göre depoda tutulan cihaz sayısı yetersiz olursa yeni cihaz alımı için kurum ihale açabilir. Üretici firmalar 3-B yazıcı cihazı imal edip acil barınma merkezine iletebilir ve sahada 3-B inşa yazımında kullanılabilecek yerel toprak örnekleri incelenip, teknik dayanım testleri ile uygun malzeme bileşiği tespit edilebilir. Malzemelerin bir merkezden gönderimi mümkündür, bununla birlikte ilgili bölgede malzemelerin belirli bir oranda kullanımı maliyet, zaman ve operasyon avantajı sağlar. Bu analizler afetlerde önceden bölgesel olarak yapılarak afet eylem planlarında yer alabilir. Çadır ve konteyner yerleşimlerinde olduğu gibi sahada gerekli



birtakım alt yapı işlemleri tamamlandıktan sonra 3-B yazım cihazları ile yapım süreci başlayabilir. Uzmanlar acil barınma ihtiyacı olan bireylerle anket veya görüşme yoluyla gereksinimlerini belirlerler. Bu gereksinimler örneğin ailedeki kişi sayısı, istenen kapı-pencere açıklık oranı, barınma alanı büyüklüğü gibi kriterler olabilir. Bu gereksinimler tespit edildikten sonra tasarım ekibi her aileye veya kullanıcı gruba özgü barınma birimlerini oluşturur ve yerleşim planını kurgular. Bu yerleşim planına göre küresel konumlama sistemi kullanılarak sahada 3-B yazım cihazları yerleştirilir ve 3-B yazım işlemi yerel tedarik edilen yazım malzemesi ile beraber her bir barınma biriminin imalatı, şu an var olan uygulama örnekleri dikkate alındığında 1 günden daha az bir sürede tamamlanabilir. Kullanıcıların iletmiş olduğu gereksinimler, acil barınma durumu göz önüne alınarak kategorileştirilir ve önem sırasına göre derecelendirilip barınma birimlerinin tasarımlarında uygulanabilir. Genelde 3-B inşa yazımı ile üretilen yapı kabukları çift cidarlı olduğu için iki cidar arası hem tesisat için hem de yalıtım malzemesi ile doldurulabilir. Böylelikle 3-B inşa yazımı ile oluşturulan acil barınma merkezi kurulum süreci, çadır ve konteynere göre iç mekân kullanıcı konforu daha yüksek, kullanıcı gereksinimleri esas alınabildiği için daha kullanıcı odaklı, hiç atık olmadan, üretim ve taşıma süreçleri azaldığı için karbon salınımı daha az olan bir sürece dönüşebilir.

Varsayım olarak önerilen bu sürecin problem ve kısıtlamaları, potansiyel ve fırsatları aşağıda listelenmiştir. Ancak bu problemlerin yakın gelecekte, şu an ilerlemekte olan gelişmeler ve teknolojik yenilikler ile çözüme ulaşacağı ve 3-B inşa yazımı yönteminin günümüzde dezavantaj olan birçok durumu avantaja çevirebileceği de göz ardı edilmemelidir.

### *Problem ve kısıtlamalar*

- 3-B inşa yazım cihazının üretim maliyeti yüksektir.
- 3-B yazım tekniğinin hız performansının geleneksel sürece göre hızlı olmasına rağmen çadır kurulumuna göre yavaştır.
- Yazım malzeme seçeneği yüksek olsa da malzemeye özgü yapıştırıcı çalışmaları henüz geliştirme aşamasındadır. Bununla birlikte acil eylem planlarında belirlenen merkezlere yakın bölgelerdeki toprak türüne uygun yapıştırıcı üretilmesi gerekmektedir.
- Mevcut süreçte kullanıcı henüz tanımlı veya belirli değilken herkese uygun minimum standartta çadır veya konteyner imalatı yapılmaktadır.

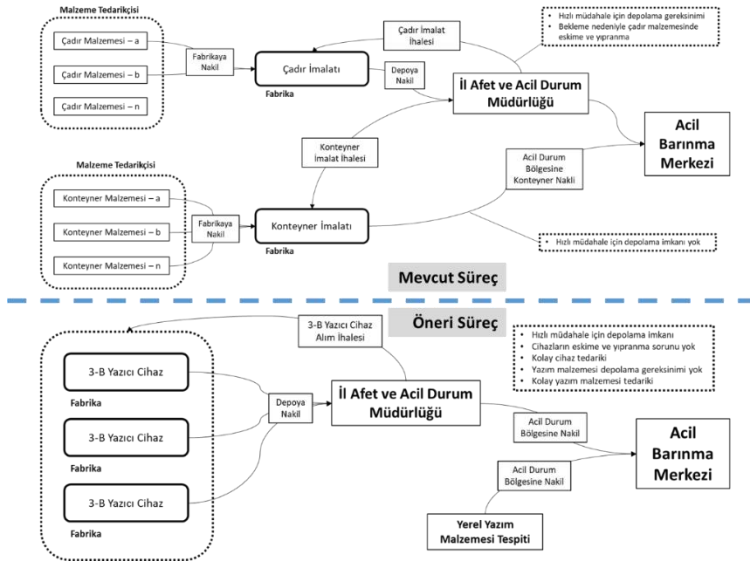
Öneri süreçte kullanıcı ve gereksinimleri belirlendikten sonra barınma yapıları üretilebilmesi için hızlı ve güvenilir veri toplama sisteminin geliştirilmesi gerekmektedir.

- Kullanıcıların barınma yapısında kişiselleştirme yapılabilmesi için kullanıcının kişiselleştirme yapabileceği seçeneklerle ilgili algısı olmalı veya algısını kolaylaştıracak yöntemler bulunmalıdır. Bununla ilgili kullanıcı ara yüzü geliştirilmesi günümüzde diğer çalışmalarda yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir.
- 3-B inşa yazımı sürecini içine alan acil eylem planlarının yeniden tasarlanması gerekmektedir.
- Gerekli yazım cihazı sayısı, temini ve kurulum süreci netleştirilmelidir.

#### *Potansiyel ve fırsatlar*

- Yazım cihazı maliyeti, süreç yönetimi ve yerel malzeme kullanımı ile ilgili konularda gelişme sağlandığında maliyet problemi çözülebilir.
- 3-B yazısı ile üretilen barınma birimlerinin çadır ve konteynerler göre konfor seviyesi yüksektir.
- Bölgedeki yerel malzemelerinin kullanımına olanak sağlayan araştırmaların ve teknolojik gelişmelerin oluşması ile yapı malzemesi temini ve taşınması problemi ortadan kalkabilir.
- Bölge, kullanıcı özellikleri ve barınma süresi gibi kriterlere göre barınma birimleri çeşitlendirilebilir.
- Acil eylem planları bu duruma göre güncelleştirildiğinde, tüm süreçleri kurulumun yapılacağı bölgede gerçekleşecek bir üretim modeli oluşacaktır. Bu sayede planlama tek merkezli, daha hızlı ve kontrol edilebilir olabilir.
- 3-B yazım cihazları, gerekli sayıda temin edilip, üretim süreci modellendikten sonra aynı cihazların ülke içinde veya farklı ülkelerde kullanılması mümkündür.
- Daha uzun süre kullanılabilecek veya kalıcı olacak barınma birimleri üretilebilir.

- Üretilen barınma birimlerinin kullanım süresi bittiğinde kullanılan malzeme geri dönüştürülebilir. Dolayısıyla geçici barınma birimleri için de daha sürdürülebilir bir yapı yaşam döngüsü sağlanabilir.



Şekil 5: Acil barınma merkezi kurulumu mevcut ve öneri süreci

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

3-B yazım tekniği ile acil barınma birimleri üretimi mevcut acil müdahale süreçleri çerçevesinde incelenmiş, çadır ve konteyner kullanımına alternatif olarak 3-B inşa yazımı tekniği kullanıldığında öneri sürecin imkân ve kısıtlamaları mevcut literatür verileri ile sunulmuştur. Barınma ve barınmanın probleme dönüştüğü durum örnekleri özetlenmiş, özellikle afet sonrası barınma birimlerinin üretim süreçleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Geçici barınma ihtiyacının oluştuğu durumlarda, çadır ve konteyner gibi birimlerin belirli bir eylem planı ile hizmete alınması hızlı bir çözüm sunmaktadır. Kurumlar ve müdahale ekipleri bu birimleri temel alarak oluşturulan barınma birimlerini oluşturmada ve planlarını uygulamada tecrübelidirler. Bu yapı

birimleri kısa süreli barınma ihtiyacını karşılamakta kısmen yeterli iken konfor, güvenlik ve kullanım ile ilgili ciddi yetersizlikler sergilemektedir. Konteyner ve çadır yerine 3-B yazım tekniği kullanılarak acil barınma merkezlerinin oluşturulması önerisi çadır ve konteyner kullanıldığında yaşanan birçok problemi ortadan kaldırmakta ve yeni imkanlar sağlamaktadır. Bu yöntemin geliştirilmesi gereken birçok yönü olmasına rağmen, kullanıcı gereksinimine göre üretim, sıfır atık bırakma, hızlı uygulama ve konforlu birimler ortaya koyma gibi avantajları bu konuda yapılabilecek değişimleri bir seçenek olarak sunmaktadır. Bu sayede geçici barınma ihtiyacı için konforlu, sürdürülebilir ve kullanıcı odaklı yapı birimleri üretilebilir. Öneri kurgu, sadece acil barınma merkezlerinin oluşturulmasının yanında hızlı şehirleşme veya kentsel dönüşüm gibi kalıcı barınma birimlerinin oluşturulmasında da kullanılabilir. Varsayım olarak 3-B inşa yazımının acil barınma merkezi oluşturulmasında kullanımı incelendiğinden çalışmanın gerçek hayatta çeşitli ölçeklerde uygulamalarının yapıp deneysel verilerle desteklenmeye ihtiyacı vardır. Bununla birlikte, çalışma ile ortaya konulan problem, 3-B inşa yazımı ile ilgili araştırma ve öneri üzerinden yapılan değerlendirmeler ile sonraki çalışmalar için faydalı olacaktır.

## Referanslar

AFAD. (2019). *Stratejik Plan 2019-2013*. www.afad.gov.tr.

ASASOĞLU, A. (2013). Konut ve Konut Alanları Örneğinde Mimarlık Serüveni. *International Journal of Architecture and Planning*, 1(1), 57–65.

ATMACA, A., & ATMACA, N. (2016). Comparative life cycle energy and cost analysis of post-disaster temporary housings. *Applied Energy*, 171(March 2011), 429–443.

BIGGERSTAFF, A. O., LEPECH, M. D., & LOFTUS, D. J. (2021). Evaluation of a Biopolymer-Bound Soil Composite for 3D Printing on the Lunar Surface. *Earth and Space 2021*, 36–51.

BOS, F., WOLFS, R., AHMED, Z., & SALET, T. (2016). Additive

manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concret printing. *Virtual and Physical Prototyping*, 11(3), 209–225.

- BUCHANAN, C., & GARDNER, L. (2019). Metal 3D printing in construction: A review of methods, research, applications, opportunities and challenges. *Engineering Structures*, 180(October 2018), 332–348. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.045>.
- BULGER, S., & SKONIECZNY, K. (2016). Towards Mobile 3D Printing for Planetary Construction. *Earth and Space 2016*, 324–332.
- BUSWELL, R., XU, J., DE BECKER, D., DOBRZANSKI, J., PROVIS, J., KOLAWOLE, J. T., & KINNELL, P. (2022). Geometric quality assurance for 3D concrete printing and hybrid construction manufacturing using a standardised test part for benchmarking capability. *Cement and Concrete Research*, 156(December 2021), 106773. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.106773>.
- ÇINAR, A. K. (2018). Analysing The Planning Criterias of Emergency Assembly Points and Temporary Shelter Areas: Case of İzmir-Karşıyaka. *Journal of Planning*, 28(2), 179–200. <https://doi.org/10.14744/planlama.2018.07088>.
- DE SCHUTTER, G., LESAGE, K., MECHTCHERİNE, V., NERELLA, V. N., HABERT, G., & AGUSTI-JUAN, I. (2018). Vision of 3D printing with concrete — Technical, economic and environmental potentials. *Cement and Concrete Research*, 112(June), 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.06.001>.
- GOSELIN, C., DUBALLET, R., ROUX, P., GAUDILLIÈRE, N., DIRRENBERGER, J., & MOREL, P. (2016). Large-scale 3D printing of ultra-high performance concrete - a new processing route for architects and builders. *Materials and Design*, 100, 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.03.097>.
- HASOL, D. (2014). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü* (13th ed.).

- JIANG, Z. (2021). Research on the application of 3D printing and BIM technology in the direction of bridges. *E3S Web of Conferences*, 257. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125702051>.
- KALFAOGLU HATİPOGLU, H. (2020). Understanding Post-War Social Housing Strategies of Vienna: A Reference for the Reproduction of Current Cities? *Theory and Research in Architecture, Planning and Design*, December, 201–220.
- KARAMAN, Z. T., & ALTAY, A. (2016). *Bütünleşik Afet Yönetimi*. İlkem Yayınları.
- KHAN, M. S., SANCHEZ, F., & ZHOU, H. (2020). 3-D printing of concrete: Beyond horizons. *Cement and Concrete Research*, 133(April). <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106070>.
- KOLSAL, F., & YEŞİLTEPE, A. D. (2020). Konut Alanı Tasarımına Geleneksel ve Çağdaş Konut Dokuları Üzerinden Karşılaştırmalı Bir Bakış. *Online Journal of Art and Design*, 8(4), 259–290.
- LABONNOTE, N., RÖNNQUIST, A., MANUM, B., & RÜTHER, P. (2016). Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities. *Automation in Construction*, 72, 347–366.
- LACHMAYER, L., EKANAYAKA, V., HÜRKAMP, A., & RAATZ, A. (2021). Approach to an optimized printing path for additive manufacturing in construction utilizing FEM modeling. *Procedia CIRP*, 104, 600–605. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.101>.
- OBYN, S., VAN MOESEKE, G., & VIRGO, V. (2015). Thermal performance of shelter modelling: Improvement of temporary structures. *Energy and Buildings*, 89, 170–182. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.12.035>.
- ÖMÜRGÖNÜLŞEN, M., & MENTEN, C. (2021). Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Ankara İli İçin Olası Afet Sonrası Geçici Barınma Alanlarının Seçimi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 90(312), 159–175. <https://doi.org/10.21324/dacd.691088>.

- ÖZTÜRK, S. M., & DİNÇER, A. E. (2020). An investigation on the design principles of dormitory buildings in Karabük. *Tasarım + Kuram*, 16(30), 61–76. <https://doi.org/10.14744/tasarimkuram.2020.84755>.
- PASQUIRE, C., & GIBB, A. G. (2002). Considerations for assessing the benefits of standardisation and pre-assembly in construction. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 7(3), 151–161.
- PAUL, S. C., VAN ZIJL, G. P. A. G., & GIBSON, I. (2018). A review of 3D concrete printing systems and materials properties: current status and future research prospects. *Rapid Prototyping Journal*, 24(4), 784–798. <https://doi.org/10.1108/RPJ-09-2016-0154>
- PERKINS, I., & SKITMORE, M. (2015). Three-dimensional printing in the construction industry: A review. *International Journal of Construction Management*, 15(1), 1–9.
- PRASITTISOPIN, L., SAKDANARASETH, T., & HORAYANGKURA, V. (2021). Design and Construction Method of a 3D Concrete Printing Self-Supporting Curvilinear Pavilion. *Journal of Architectural Engineering*, 27(3), 1–9. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000485](https://doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000485)
- RAHUL, A. V., & SANTHANAM, M. (2020). Evaluating the printability of concretes containing lightweight coarse aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 109(February), 103570.
- ROLLAKANTI, C. R., & PRASAD, C. V. S. R. (2022). Applications, performance, challenges and current progress of 3D concrete printing technologies as the future of sustainable construction - A state of the art review. *Materials Today: Proceedings*, xxxx.
- ROMAN, M. C., EBERLY, E. A., MUELLER, R. P., & DEUTSCH, S. (2016). NASA Centennial Challenge: Three Dimensional (3D) Printed Habitat. *Earth and Space 2016*, 333–342.
- SAKİN, M., & KİROĞLU, Y. C. (2017). 3D Printing of Buildings:

Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM. *Energy Procedia*, 134, 702–711. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.562>.

ŞANLIURFA İL AFET VE ACİL DURUM MÜDÜRLÜĞÜ. (2016). *İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü*.

SHAHZAD, Q., SHEN, J., NASEEM, R., YAO, Y., WAQAR, S., & LIU, W. (2021). Influence of phase change material on concrete behavior for construction 3D printing. *Construction and Building Materials*, 309(September), 125121.

SMARSLY, K., PERALTA, P., LUCKEY, D., HEİNE, S., & LUDWİG, H. M. (2021). BIM-Based Concrete Printing. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 98, 992–1002.

T.C. İÇ İŞLERİ BAKANLIĞI. (2022). *Göç İdaresi Başkanlığı*.

TAN, A. Y. K., & TAN, C. K. (2021). Thermal comfort performances of temporary shelters using experimental and computational assessments. *Buildings*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/buildings11120655>.

TAY, Y. W. D., PANDA, B., PAUL, S. C., NOOR MOHAMED, N. A., TAN, M. J., & LEONG, K. F. (2017). 3D printing trends in building and construction industry: a review. *Virtual and Physical Prototyping*, 12(3), 261–276. <https://doi.org/10.1080/17452759.2017.1326724>.

TDK. (2022). <https://sozluk.gov.tr/>

TING, G. H. A., TAY, Y. W. D., & TAN, M. J. (2021). Experimental measurement on the effects of recycled glass cullets as aggregates for construction 3D printing. *Journal of Cleaner Production*, 300, 126919. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126919>.

TROEMNER, M., RAMYAR, E., MEEHAN, J., JOHNSON, B., GOUDARZI, N., & CUSATİS, G. (2022). A 3D-Printing Centered Approach to Mars Habitat Architecture and Fabrication. *Journal of Aerospace Engineering*, 35(1), 1–13. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)as.1943-5525.0001359](https://doi.org/10.1061/(asce)as.1943-5525.0001359).



- ULUBEYLİ, S. (2022). Lunar shelter construction issues: The state-of-the-art towards 3D printing technologies. *Acta Astronautica*, 195(March), 318–343. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.03.033>.
- UNHCR. (2022). *Ukraine Emergency*.
- WANG, K.-C., & SKIBNIEWSKI, M. J. (2019). Feasibility Study of Integrating BIM and 3D Printing to Support Building Construction. *Creative Construction Conference (2019) 116*, 845–850. <https://doi.org/10.3311/cc2019-116>.
- WANG, Y., DENG, S., WANG, L., XIANG, M., & LONG, E. (2015). The Influence of the Deteriorations in Living Environments on the Health of Disaster Victims Following a Natural Disaster. *Procedia Engineering*, 121, 203–211.
- WON, D., HWANG, B.-G., CHI, S., & KOR, J. L. (2022). Adoption of Three-Dimensional Printing Technology in Public Housing in Singapore: Drivers, Challenges, and Strategies. *Journal of Management in Engineering*, 38(4), 1–16. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0001065](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0001065).
- WU, P., WANG, J., & WANG, X. (2016). A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry. *Automation in Construction*, 68, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.04.005>.
- WU, P., ZHAO, X., BALLER, J. H., & WANG, X. (2018). Developing a conceptual framework to improve the implementation of 3D printing technology in the construction industry. *Architectural Science Review*, 61(3), 133–142. <https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1450727>.
- YASHAR, M., MICHEALSEN, P., HAMMOND, B., ALVIZAR, J., CIARDULLO, C., MORRIS, M., PAİLES-FRIEDMAN, R., SHEN, T., BELL, G., TUCKER, R., AUSTIN, S., & LEBLANC, L. (2021). Building Information Modeling (BIM) Workflows for Construction Sequencing & 4D-Planning of 3D-Printed ISRU Surface Habitats. *Earth and Space 2021*, 1394–1408.