Gazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Dergisi
PART C: TASARIM VE TEKNOLOJİ

Gazi University
Journal of Science
PART C: DESIGN AND TECHNOLOGY

GU J Sci, Part C, 14(3): 1502-1513 (2026)

Yeşil Ev Konseptinde Bir Ahşap Mobil Ev Tasarımı Ve Prototipi Geliştirme Araştırması

Ümit DENİZYOL [1*], Ramazan BÜLBÜL [1], Mustafa ALTUNOK [2]

[1] *Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye*

[2] *KTO Karatay Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Endüstriyel Tasarım Bölümü, Konya, Türkiye*

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 25/10/2024
Düzeltme: 25/12/2024
Kabul: 28/12/2024

Anahtar Kelimeler

Ahşap Mobil Ev
Yeşil Ev
Sürdürülebilirlik
Prototip

Article Info

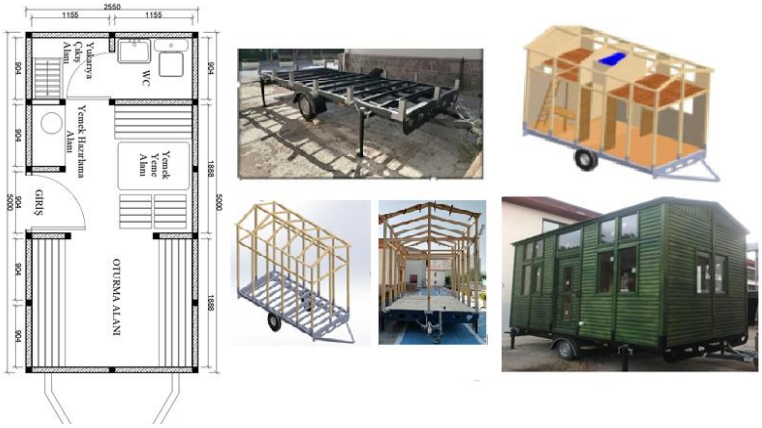
Research article
Received: 25/10/2024
Revision: 25/12/2024
Accepted: 28/12/2024

Keywords

Wooden Mobile Home
Green house
Sustainability
Prototype

Grafik Özet (Graphical/Tabular Abstract)

Bu çalışma; yeşil ev konseptine uygun, modüler ve ekonomik bir ahşap mobil ev prototipini incelemektedir. Masif ahşap ve kontrplaktan üretilen yapı, çekirdek aileler için güvenli, sürdürülebilir ve düşük maliyetli bir barınma alternatifi sunmaktadır. / This study examines a modular and economical wooden mobile home prototype that conforms to the green home concept. Constructed from solid wood and plywood, the structure offers a safe, sustainable, and low-cost housing alternative for nuclear families.



Şekil A: *Ahşap mobil ev tasarımı ve aşamaları /* ***Figure A****:Wooden mobile home design and construction phases.*

Önemli noktalar (Highlights)

- *Taşıyıcı sistemin masif ahşaptan, duvarların ise sarıçam ve huş ağacından inşa edilmesi, "yeşil ev" konseptine uygun ve çevre dostu bir yapı sunmaktadır. / The use of solid wood for the structural framework and yellow pine and birch for the walls results in a building that aligns with the "green home" concept and is environmentally friendly.*
- *Yapının modüler yapısı, üretici için üretim kolaylığı ve düşük maliyet sağlarken; son kullanıcı için güvenli, sağlam ve çekirdek aile ihtiyaçlarına cevap veren ulaşılabilir bir barınma alternatifi oluşturmaktadır. / The structure's modular design offers manufacturers ease of production and low costs, while providing end users with a safe, sturdy, and affordable housing option that meets the needs of the nuclear family.*

Amaç (Aim): *Çekirdek ailelerin barınma ihtiyacını karşılayacak sürdürülebilir, düşük maliyetli ve yüksek dayanımlı 'Yeşil Ev' konseptli ahşap mobil ev prototipi geliştirmektir. / The goal is to develop a sustainable, low-cost, and highly durable 'Green Home' concept wooden mobile home prototype to meet the housing needs of nuclear families.*

Özgünlük (Originality): *Teorik ve deneysel analizlerle doğrulanmış uygulanabilir bir yeşil mobil ev modeli geliştirilmesidir. / The goal is to develop a viable green mobile home model, validated through theoretical and experimental analyses.*

Bulgular (Results): *Sarıçam ve huş ağacından üretilen modüler mobil ev, yüksek yalıtım ve yaklaşık 6 ton taşıma kapasitesiyle güvenli ve sürdürülebilir bir barınma çözümü sunmaktadır. / Made from Scots pine and birch wood, this modular mobile home offers a safe and sustainable housing solution with high insulation and a load capacity of approximately 6 tons.*

Sonuç (Conclusion): *Sonuç olarak, geliştirilen prototip ekonomik, güvenli ve sürdürülebilir bir alternatif konut modeli olduğunu göstermiştir. / In conclusion, the developed prototype has demonstrated that it is an economical, safe, and sustainable alternative housing model.*

*Corresponding author, e-mail: denizyol37@gmail.com
DOI: 10.29109/gujsc.1573484

GU J Sci, Part C, 14(3): 1502-1513 (2026)

Gazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Dergisi
PART C: TASARIM VE TEKNOLOJİ

Gazi University
Journal of Science
PART C: DESIGN AND TECHNOLOGY

http://dergipark.gov.tr/gujsc

Yeşil Ev Konseptinde Bir Ahşap Mobil Ev Tasarımı Ve Prototipi Geliştirme Araştırması

Ümit DENİZYOL [1*], Ramazan BÜLBÜL [1], Mustafa ALTUNOK [2]

[1] *Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye*

[2] *KTO Karatay Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Endüstriyel Tasarım Bölümü, Konya, Türkiye*

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 25/10/2024
Düzeltme: 25/12/2024
Kabul: 28/12/2024

Anahtar Kelimeler

Ahşap Mobil Ev
Yeşil Ev
Sürdürülebilirlik
Prototip

Öz

İnsan yaşamının en önemli temel ihtiyaçlarından biri olan barınma eski çağlarda barınaklar ile sağlanırken, kullanıcıların yaşadıkları dönemin teknik ve toplumsal kültürüne bağlı olarak, günümüzde çeşitli konutlara evrilmiştir. Değişen dünya koşulları, ekonomik sorunlar, salgın hastalıklar bireysel yada çekirdek aile yaşamını öne çıkarmıştır. Alternatif konaklama arayışlarına girilmiş ve bu girişimler sonrasında ahşap mobil ev kavramı önem kazanmıştır. Bu maksatla konstrüksiyon detayları ve genel şekli tarafımızca tasarlanarak geliştirilen "yeşil ev konsepti kapsamındaki mobil ahşap ev prototipi" çekirdek bir ailenin hemen hemen tüm ihtiyaçlarına cevap verebilecek biçimde imal edilmiştir. Bu evin yapımında, hareket aksamları ve şasesi hariç diğer tüm taşıyıcı sistemleri masif ahşap ve duvar elemanlarının tamamı sarıçam ve huş ağacından elde edilmiş üç katmanlı 18 mm kalınlığındaki kontrplak malzemelerden üretilmiştir. Geliştirilen ahşap mobil ev içinde ve dışında ISO 1771 ve TS EN ISO 9612 standardına uygun olacak şekilde ölçümler (nem, sıcaklık, gürültü) gerçekleştirilmiştir. Ahşap duvarların yeterli sıcaklık, nem ve gürültü izolasyonu sağladığı saptanmıştır. Mobil ev taşıyıcı system konstrüksiyonunda uygulanan zıvanalı birleştirmeler üzerinde teorik hesap yöntemiyle yapılan kuvvet taşıma analizi sonucuna göre çatı düzleminin 5907,74 kg kapasitede kar yükü vb. harici yükleri taşıyabileceği belirlenmiştir. "Ahşap Mobil Ev" olarak isimlendirilen yapının yeşil ev konsepti ilke ve esaslarına uygun olduğu saptanmıştır. Projede, taşıyıcı çerçeve sistem ve duvar gibi yapı elemanlarında modüler bir uygulama yapılmıştır. Tamamen ahşap malzemeden tasarlanmış, kullanıcıya güven veren yeterli sağlamlıkta, üreticiye kolaylık ve düşük maliyet sunan modüler yapıda bir "Ahşap Mobil Ev'in uygulanabilirliği ortaya konmuştur.

Research on the Design and Prototype Development of a Wooden Mobile Home in Green House Concept

Article Info

Research article
Received: 25/10/2024
Revision: 25/12/2024
Accepted: 28/12/2024

Keywords

Wooden Mobile Home
Green house
Sustainability
Prototype

Abstract

One of the most important basic needs of human life, was provided with shelters in ancient times, it has evolved into various dwellings today, depending on the technical and social culture of the period in which the users live. Changing world conditions, economic problems, epidemics and epidemics have emphasized individual or nuclear family life. Alternative accommodation ideas have been sought and after these initiatives, the concept of wooden mobile home has gained importance. For this purpose, the design, construction details and general shape of the "mobile wooden house prototype within the scope of the green house concept", which was designed and developed by us, was manufactured to meet almost all the needs of a nuclear family. In this research, except for the movement parts and chassis, all carrier systems are made of solid wood and all wall elements are designed, designed and prototyped from three-layer 18 mm thick plywood materials obtained from yellow pine and birch wood. Measurements were carried out inside and outside the developed wooden mobile home (humidity, temperature, noise) in accordance with ISO 1771 and TS EN ISO 9612 standards. It was determined that the wooden walls provide temperature, humidity and noise isolation. In the force bearing analysis of the mortise jointing technique applied in the mobile home carrier system, it was determined by the theoretical calculation method that the total roof plane can carry external loads such as snow load etc. with a capacity of 5907.74 kg. Named as "Wooden Mobile House"

*Corresponding author, e-mail: denizyol37@gmail.com
DOI: 10.29109/gujsc.1573484

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yeşil ev güneş, hava, rüzgâr, toprak, su vs. doğal kaynakları verimli şekilde kullanarak tasarlanan ve inşa edilen binalara verilen isimdir.

Yeşil bina; enerji kaynaklarının etkin kullanımı ve kirlilik yayan unsurların azaltılarak insan ve çevre sağlığı açısından ortaya çıkan olumsuz etkilerin sınırlandırılması ile oluşturulan binadır [1]. Tasarımı yapılan Ankara ili için örnek yeşil bina uygulamasında evin yıllık elektrik enerjisi tüketimi, ısıtma enerji ihtiyacı, ısı kaybı hesabı, ısı kazancı hesabı, sıcak su temini, sıcak su depo hacmi vs. hesaplamalar yapılarak önerilerde bulunulmuştur [2]. 2015 yılında yapılan bir çalışmada 2 katlı betonarme bir yeşil evin toplam kurulum maliyetinin 75920 TL olduğu, yeşil binaların yaygınlaşması için Devlet teşvikinin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Ülkemizde bulanan yaklaşık 7 milyon konutun enerji verimliliği koşullarına uygun olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılması gerektiği ayrıca ifade edilmiştir [3].

Gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmanın yolunun ekolojik okuryazarlık ile olabileceği, ekolojik okuryazarlığın getirdiği yavaş şehir, endüstriyel simbiyoz ve yeşil ev modellerinin toplumsal alanlarda da yaygınlaşması için gerekli çalışmalar yapılması gerektiğini, bu çalışmaların eğitim faaliyetleri içerisinde ele alındığı takdirde daha etkili olacağı [4] belirtilmiştir.

Kentleşmenin etkili olduğu günümüzde yaşam alanlarında konforun artırılması bireylerin sosyolojik, psikolojik, görsel ve estetik ihtiyaçlarının karşılanmasının önemli olduğu belirtilmiştir. Van Yüzüncü Yıl üniversitesi hobi bahçe projesinin iyileştirilmesi, geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için üç farklı yeni hobi bahçesi modeli tasarlanmıştır. 3 farklı modelden bir tanesinde ahşap malzeme ve güneş enerji kaynağı gibi sürdürülebilirlik özellikleri ile öne çıkan projenin kullanıcıların %86'sının tercih ettiği belirtilmiştir [5]. Özellikle de pandemi sonrası hobi evlerinin yaygınlaştığı ve önem kazandığı bu zaman diliminde bu tür çalışmalar önem arz etmektedir.

Afetler sonrası yaşamın normale dönme çalışmaları hayati önem arz etmektedir. Hem normal şartlarda yaşam kalitesini iyileştirme için hem afet sonrası oluşan özel durumlarda temel yaşam koşullarının karşılanması için konutun önemi artmakta ve yeni arayışlar ortaya çıkmaktadır [6]. Deprem sonrası geçici barınma: CLT E-BOX adlı çalışmaları ile model önerisinde bulunmuştur. Modüler sistemle kurulum/söküm diyagramları, çatı-duvar birleşimi ve döşeme-duvar-zemin birleşim detayları gösterilmiştir. Toplu yaşam alanları için CLT E-BOX ile önerilerde bulunmuşlardır [7].

Ahşabın yapı elemanı olarak kullanılması beton ve çeliğe göre çok daha eskilere dayanır. Ahşabın doğadan kolay bir biçimde elde edilmesi ve yapım aşamasında kolaylıkla uygulanabilmesine rağmen ahşap yapı üretimi günümüze gelinceye kadar hızlı gelişmemiştir [8]. Teknolojik gelişmelere dayalı olarak taş, tuğla ve betonun yapı sistemlerinde kullanılması bu malzemeleri öne çıkarırken, ahşabın kullanımı geri kalmıştır [9]. Ahşap yapı sistemlerinin gelişimi ve kullanımı 20. yüzyıl başlarında başlamıştır.

Değişen dünya koşulları, ekonomik sorunlar, salgın hastalıklar, daha bireysel yaşama isteğini öne çıkarmıştır. Bu nedenle, insanlar daha alternatif konaklama fikirleri arayışına girmiştir. Bu girişimler sonrasında ahşap mobil ev kavramı önem kazanmıştır. Ahşap mobil ev adından da anlaşılacağı üzere insanların belirli bir alana bağlı kalmadan özgür bir şekilde yaşamlarını ve isteklerini sürdürebilmelerine imkân vermektedir. Ekonomik faydaları kadar sürdürülebilirlik açısından da önemlidir. Zira ahşap tekerlekli evlerde yaşam, temel ihtiyaçlar çerçevesinde şekillenir. Kişilerin tüketebileceklerinden daha fazlasını almaları imkânı evlerin boyutları nedeniyle doğrudan ortadan kalkar. Düşük karbon ayak izine sahip ahşap mobil ev, aynı zamanda kişilere diledikleri ölçüde doğayla iç içe olabilme ve en önemlisi mobilite avantajı sağlar.

Ülkelerdeki ahşap teşvik politikaları, içerikleri, yürürlüğe girdikleri yıllar ve politikaların uygulanması sonrası ahşap yapı sektöründeki değişimler incelenmiştir. İnşaat sektörünün yavaş değişen bir sektör olduğunu ve ülkemiz de dahil onlarca ülkede ahşap teşvik politikaların uygulanmaya başlandığı belirtilmiştir [10]. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca yürütülen 'Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik' in 1 Ocak 2025 tarihinden itibaren yürürlüğe girecek olması yapılacak faaliyetlere teşvik sağlayacaktır.

'Ahşap Yeşil Ev Konsepti Tasarımına Özgün Yaklaşımlar' adlı çalışmaları ile en-kesitli kolon-kiriş elemanlarına gelen ahşap yapı tasarım gerekli yüklerine göre 1,7 ila 7, 4 kat daha güçlü ve yeterli olduğu belirlenmiştir. Böylece, yatay mimaride ahşap ev, materyal olarak ahşabın güvenli bir şekilde kullanımın önerilebileceği tespit edilmiştir [11].

Hem yönetmeliğin 1 Ocak 2025'te yürürlüğe girecek olması, hem örnek çalışmalar ile hesaplamaların yapılması ahşap yeşil evlerin yaygınlaşmasını sağlayacaktır. Tüm bu hususlar göz önünde bulundurularak hareket aksamları ve şasesi hariç diğer tüm kısımları yani yaşam hücresini oluşturan taşıyıcı sistemleri ve tüm duvar elemanlarının tamamı ahşaptan tasarlanarak, projelendirilmiş ve prototipi geliştirilmiş bir yeşil ahşap mobil ev bu araştırmaya konu olmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE REVIEW)

Ahşap Yeşil Ev Konsepti: Canlı bir organizma olarak nitelendirilen ağaçtan elde edilen ahşap kereste, esasında organik bir yapıya ve lifli, anizotrop bir dokuya sahiptir. Ahşap, kendinin dışındaki malzemelerle mukayese edildiğinde organik olması nedeniyle, insan üzerinde sıcak bir etki bırakır. Bu özellikten dolayı inşaat sektöründe oldukça fazla tercih edilmekte [12]. Ahşap malzemenin çevre dostu olması önemli bir avantaj olup yeniden kullanılabilirliğine olan ilgiyi arttırmıştır. Bunun yanı sıra, sürdürülebilir enerji kaynakları da yaygınlaşarak ahşabın yapı sektöründe kullanımını arttırmış ve böylece yeşil bina kavramı ve konsepti değer kazanmıştır [13]. Avrupa Birliği, karbon salınımının 2030 yılına kadar %55 oranında azaltılması, 2050 yılına kadar ise 1990 öncesi seviyelere çekilmesi konusunda bir dizi hedefler belirlemiştir. Bu hedefler doğrultusunda Yeşil Mutabakat adlı bir eylem planı yayınlayarak özellikle karbon emisyonunun azaltılması konusunda yapılması gerekenler tespit edilmiştir [14].

Geçen birkaç yılda yeni inşa edilen yapılarda sürdürülebilirlik temelli, doğayla uyumlu ve çevreci yapılar inşa edildiği görülmektedir. Bu tip gelişmiş yapılar "yeşil yapı konsepti" olarak anılmaktadır. Yeşil yapı konsepti; içerisinde yaşayan canlıların sağlığını koruyan, çalışanların verimini arttıran, suyu, enerjiyi ve diğer kaynakları daha verimli kullanan, oluşabilecek çevresel olumsuz etkileri en aza indiren yapılardır. Yine bu tip yapılar kullanıcıya sağlıklı konfor sağlarken kendi ihtiyaç duyduğu enerjiyi, ısıyı, ışığı ve suyu doğal yollardan elde eden yapılar olarak ortaya çıkmıştır [15]. Ahşap malzemeden elde edilen yapı elemanları, günümüzde çelik ve betonun yerine önemli bir seçenek oluştururken, bunların uygulama alanları köprü, hangar, çoklu konut yapıları, kimyasal depo yapıları gibi yapılar olarak öne çıkmaktadır [16].

Mobil ev, kelime anlamıyla hareketli ev anlamına gelmektedir. Ancak bu ifadenin bir akımı ve özel bir yaşam alanını ifade etmesi 2000'li yılların başına dayanır. Sarah Susanka, 2007 yılında yayınlanan "The Not So Big House" isimli kitabında aslında çok da büyük evlere ihtiyaç duyulmadığının altını çizmektedir. Kitapta bahsedilen daha küçük ve az masraflı yaşam alanı kavramı, 2008 ila 2012 yıllarında gerçekleşen ekonomik krizin de etkisiyle insanların daha çok ilgisini çekmeye başlamıştır. Son yıllarda artan ve hayatın her alanında sadeleşmeye gitme düşüncesini savunan minimalizm düşüncesinin desteklediği olgulardan biri mobil ev akımı olmuş, böylelikle akımın yaygınlaşması kolaylaşmıştır [17]. Türkiye'de mobil satış kullanımına örnek olan Migros Türk Satış kamyonları, 1970'li yıllarda İstanbul'da kompakt bir market olarak tasarlanmış ve belli günlerde şehrin belli noktalarında satış yapmıştır. Karayollarında tek parça olarak taşınan mobil konutların genişliği 250 cm ve uzunluk limiti ise 800 cm olarak belirlenmiştir. Yükseklik ise maksimum 420 cm olabilmektedir [18].

Oturma, uyuma, yemek yeme, misafir ağırlama gibi eylemlerin farklı zamanlarda aynı mekânlarda yapılmasına olanak tanıyan mobil konutlar; küçük bir mekânda birden çok fonksiyon imkân sağlamaktadır. Günümüzde bu tür konutların yaygınlaşması ise yeşil yapı konseptinde değerlendirildiği takdirde önemi daha da artmaktadır.

3. AHŞAP MOBİL EV PROTOTİPİ TASARIM SÜREÇLERİ (WOODEN MOBILE HOME PROTOTYPE DESIGN PROCESSES)

Mobil evler, piyasada genel olarak 10 metrekare ile 30 metrekare arasında değişen alana sahip, iskeleti genellikle çelik konstrüksiyondan oluşmuş evler olarak üretilmektedir.
Genel olarak aşağıdaki özelliklere sahiptirler:

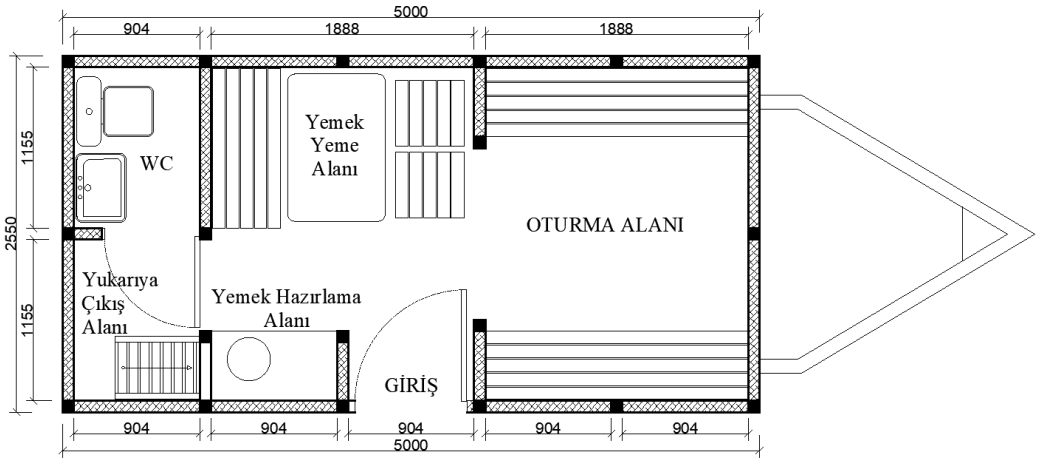
- Taşıma kapasitesi 3.500-4.000 kg olarak üretilmektedir.
- Plakaya ve ruhsata sahiptir.
- 2,55 x 7 m ebatlarındadır. Müşterinin talebi üzerine özel olarak yapılabilirler.
- Uyku alanı, yaşam alanı, mutfak, banyo gibi alanlara sahiptir.
- Römorka bağlanabilecek şekilde tasarlanmaktadır.
- Tüm alanın verimli olarak kullanılabilmesi için fonksiyonel tasarlanılmaktadır. Mesela gizli bölmeler, raflar ve katlanabilir

aparatlar bu tür evlerde bol miktarda kullanılırlar.

Alan araştırmasında sektörde var olan mobil evlerin taşıyıcı düzlem çerçevesinin çelik, saç malzeme ve türevlerinden oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma kapsamında piyasada yer alan metal taşıyıcı hücreli mobil evlere alternatif ‘‘bir ahşap taşıyıcı hücreli mobil ev” tasarımı ve prototipinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Kat planları tasarımı

Prototip ahşap mobil evin giriş katında insanın gündelik yaşam kriterleri ve istekleri göz önünde bulundurarak, giriş kapısının sağ kısma gündelik eylemlerin gerçekleştirileceği oturma alanı kurgulanmıştır. Bu alanın üç duvarına gün ışığından maksimum seviyede yararlanabilmeyi sağlamak için büyük açıklıklı pencereler düşünülmüştür. Modern bir evden beklediği konforu ve depolama alanları da göz önün de bulundurularak, oturma elemanlarının alt kısımları depolama alanı olacak şekilde; ahşap mobil evin Şekil 1’de görülen giriş katı yerleşme planı tasarlanmıştır.



Şekil 1. Prototip ahşap mobil ev giriş katı yerleşim planı (Entrance floor layout of prototype wooden mobile home)

Bu araştırmada ahşap mobil ev 255x500 cm alana sahip metal römork üzerine ahşap taşıyıcı düzlem çerçeveler, 8x8 cm lik 20 cm uzunluğundaki ankraj profillere doğrudan bağlanarak tasarım ve imalatı gerçekleştirilmiştir (Resim 1).



Resim 1. Taşıyıcı ahşap düzlem çerçevenin bağlandığı ankraj profiller (Anchor profiles to which the load-bearing wooden plane frame is connected)

Bu noktada, ahşap malzemenin yoğunluğunun düşük ve buna bağlı olarak ağırlığının metal profillerden daha hafif olacağı düşüncesinden hareket edilmiş ve mobil evin kullanım süresince rutubete bağlı olarak metal profillerin korozyona uğrayacağı, ahşap taşıyıcı çerçevelerde böyle bir sorunun ortaya çıkmayacağı dikkate alınmıştır.

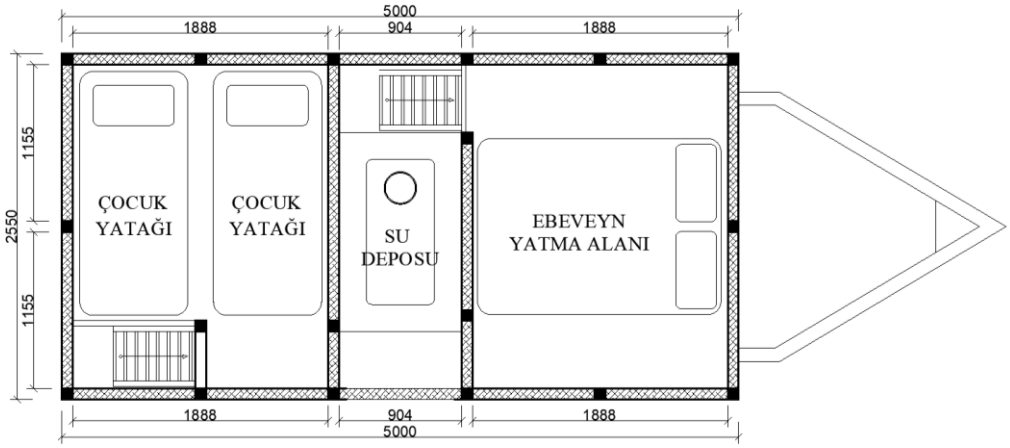
Tasarlanan ahşap mobil ev konseptinde özgün yaklaşım olarak,

- Mekan planı oluşturmada M10 (10 cm) ölçü modülü ve katları esas alınmıştır. M10 modülü, insan vücudu ve kısımlarının pozisyonundan üretilmiş en küçük modül ölçü olarak ifade edilmektedir [19].
- Ahşap Mobil Ev konsepti tasarımının; taşıyıcı düzlem çerçeveler, duvar panelleri, kapı ve pencere açıklıkları gibi bileşenlerde tek modül uygulanmış, böylece endüstriyel üretime uygunluk ve verimlilik sağlanmıştır.
- Gün ışığından maksimum yararlanmak, dış ortam ve çevre manzarası ile iç mekanı iç içe buluşturmak için yeterince pencere açıklıkları kurgulanmıştır.

Tasarım ve prototipi geliştirilen ürünün giriş katında insanın önemli ihtiyaçlarından biri olan yeme ve içme eylemlerini karşılayabileceği bir alan oluşturulmuştur. Bu alan da pişirme ve servis

hazırlığının yapılabileceği bir mutfak tezgâhı eklenmiştir. Yeme içme eylemlerinin gerçekleştirileceği masa ve sandalye gibi donatı elemanları ile donatılmıştır. İnsanın temizlenme ve boşaltım ihtiyaçlarını karşılayabileceği banyo ve wc kısmı da mobil evin giriş katının sol köşesine eklenmiştir (Şekil 1).

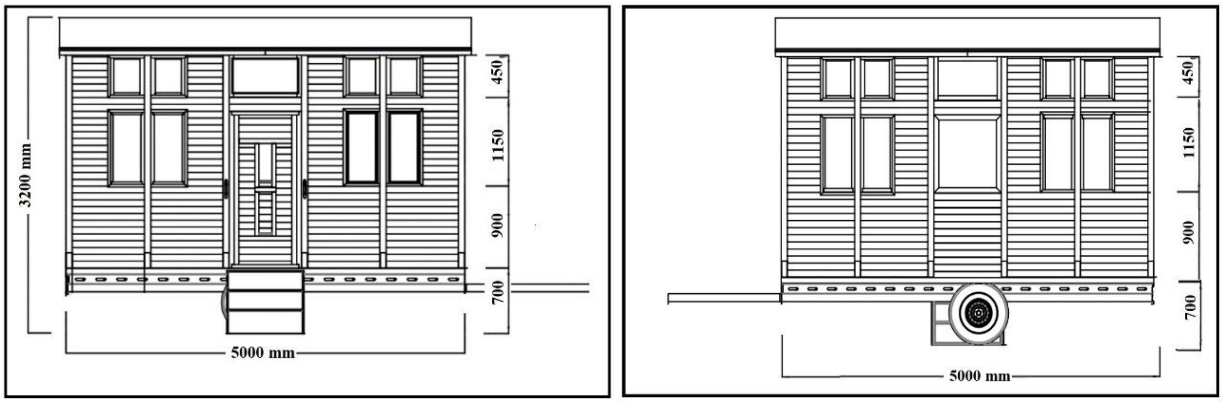
Ahşap mobil evin üst (asma) katında ise ebeveyn ve çocukların dinlenebilecekleri yatma mekanları oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra, hem mobil evin su ihtiyacını karşılamak hem mahremiyeti sağlamak üzere iki yatak odası arasında su deposu konumlandırılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Prototip ahşap mobil ev üst (asma) kat yerleşim planı (Upper (mezzanine) floor layout of the prototype wooden mobile house)

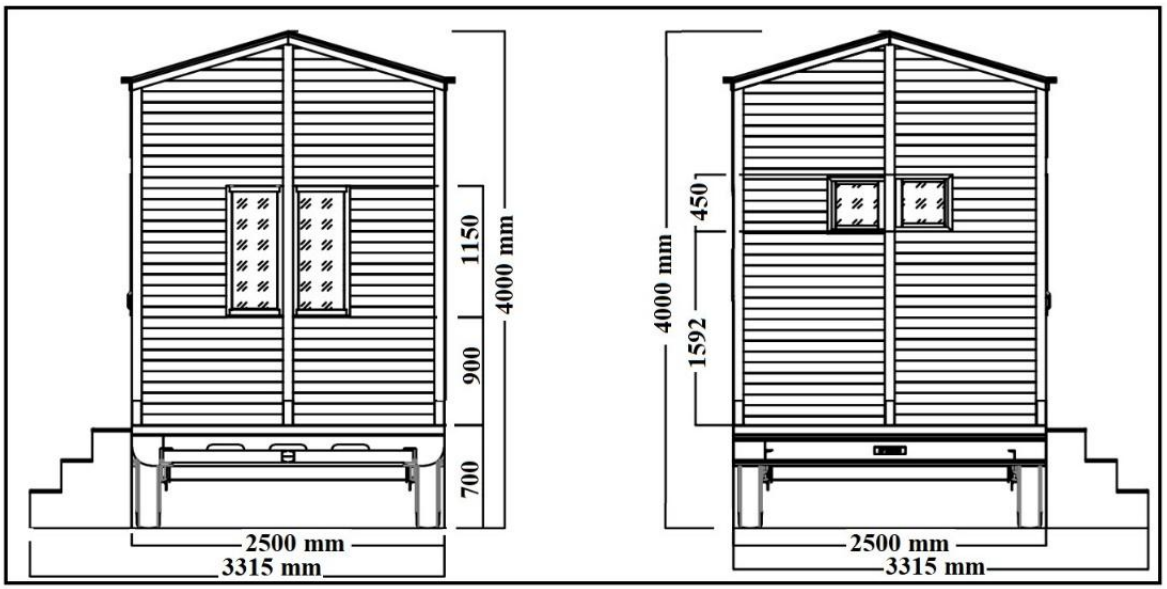
Mobil evin günlük ihtiyaçlar ve kullanım sıklığı göz önünde bulundurularak, insanın antropometrik ölçüleri göz ardı edilmeden, kullanıcıyı yormadan hareketlerinde kısıtlamaya gitmeden, normal evin rahatlığını kaybetmeyecek şekilde giriş katında ve asma katta hareket ve mekan analizi yapılarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Prototipin plan ve hacim tasarım sürecinde M10 modülü dikkate alınarak tüm kullanım alanlarında M10 modülü ve katları şeklinde tasarlanmıştır.

Prototipin tasarım ayağından başlanarak nihai ürün olana kadar tüm süreçlerinde insan yaşamı, konforu, gereksinim ve ihtiyaçları göz önünde bulundurulmuş, M10 modülü, modülerlik ilkeleri ile üretim ve imalat kolaylığı gözetilerek modüler bir mobil ev prototipi geliştirilmiştir. Mobil evin görünen her bir taşıyıcı düzlem çerçeve kolonları arası 9xM10 (90 cm) olacak şekilde tasarlanmıştır. Buradaki amaç ahşap malzeme ve ahşap esaslı malzemelerin fire oranı ve ahşap malzeme çalışmasını (deformasyon) minimuma indirecek şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Sağ ve sol cephelerde mutfak alanı için belirlenen kısım dışındaki pencereler sabit tercih edilmiştir. Açılır-kapanır pencere ile hava değişimin sağlanması, sabit pencereler ile de sağlanması düşünülmüştür. Mutfak alanındaki pencere yarım açılacak şekilde düşünülmüştür. Cephelerdeki tüm pencereler 4 modülden oluşmaktadı



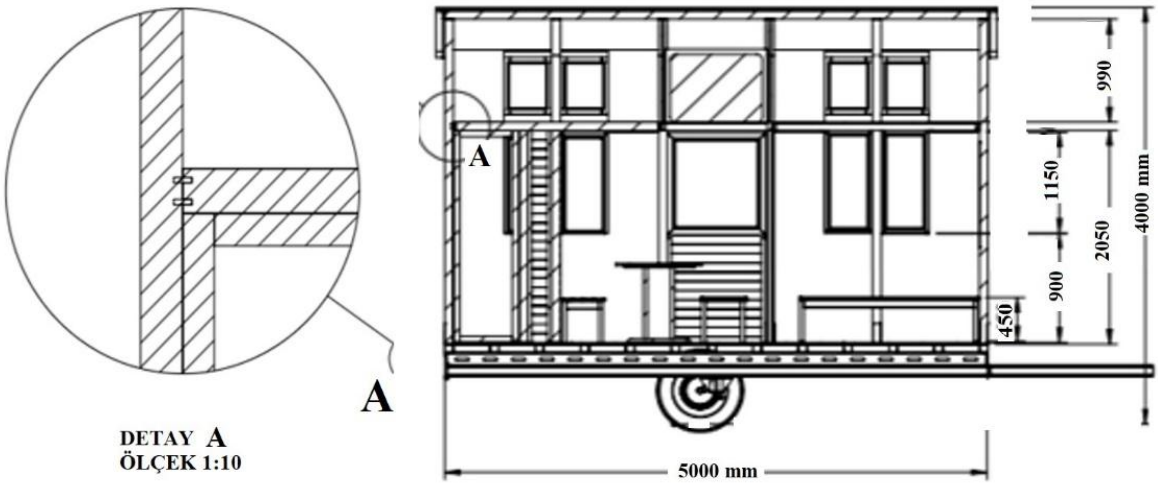
Şekil 3. (a) Prototip ahşap mobil ev sağ cephe, (b) Prototip ahşap mobil ev sol cephe ((a) Prototype wooden mobile home right facade, (b) Prototype wooden mobile home left facade)

Kapı ürünün dış kabuğuyla aynı görünüm de olması için yalı baskı işlemiyle kaplanmıştır. Prototip geliştirilirken yeşil mimari ve sürdürülebilir yapı anlayışı göz önünde bulundurularak gün ışığından maksimum seviyede yararlanabilmek için sağ ve sol cephelere pencere açıklıkları konmuştur. Sağ ve sol cephelerde yer alan pencereler taşıyıcı çerçevelerin sağına ve soluna konumlandırılarak büyük açıklık sağlanmıştır (Şekil 3). Her bir yüzeye yeteri kadar pencere ve kapı boşluğu bırakılmış, ancak bu boşluklar mahremiyete zarar vermeyecek şekilde belirli yüksekliklerde açılmıştır. Ön ve arka cephelerde yer alan pencereler güvenlik açısından sabit düşünülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. Prototip ahşap mobil evde ön ve arka cephe görünümleri (Front and rear facade views of the prototype wooden mobile home)

Prototip ahşap mobil evin giriş katında tavan yüksekliği 20x10M'lik rahat bir ölçüde belirlenirken, asma kat yüksekliği ise 9 10M'lik ölçü ile hem ayağa kalkmadan kolay hareket sirkülasyonu sağlanmış, hem de mobil ev toplam yüksekliğini yol ve köprü yükseklik standardı ile uyumlu hale getirmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Prototip ahşap mobil ev iç kesiti (Interior section of the prototype wooden mobile home)

4. PROTOTİP GELİŞTİRME SÜREÇLERİ (PROTOTYPE DEVELOPMENT PROCESSES)

Prototip geliştirme sürecinde, genel olarak ürünün farklı özellikleri ve fonksiyonlarını denemek ve yapılabilirliğini vurgulamak üzere çeşitli prototip modelleri oluşturulur ve bu modeller test edilir. Bunlardan kavramsal prototip, fonksiyonel prototip, ürün prototipi gibi farklı prototip türleri kullanılır. Kavramsal prototip, tasarımcıların fikirlerini ve kavramlarını görsel olarak ortaya koyan bir modeldir. Fonksiyonel prototip ise, ürünün bazı temel fonksiyonlarını gerçekleştirebilen bir modeldir. Prototip oluşturma süreci, ürün geliştirme aşamasında oldukça önemli bir adımdır. Prototip, ürünün tasarımı ve işlevselliğinin test edilmesi için kullanılan önemli bir ara süreç bir araçtır.

Yukarda tanımlanan prototip geliştirme sürecinden ürün prototipi fikri esas alınarak, fikir detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda prototip mobil ahşap evin hangi özelliklere sahip olması gerekliliği belirlenmiş ve ilk taslak tasarım çizimleri yapılmıştır. Bu süreci takiben, fonksiyonel ölçülere dikkat edilerek, ölçekli tasarım çizimleri yapılmış ve prototipin 3 boyutlu modelinin imalat aşamasına geçilmiştir. Prototipin üretim aşamasında, malzeme seçimi, üretim yöntemi ve konstrüksiyon gibi faktörler de dikkate alınmıştır.

4.1. Materyal ve Metod (Material and Method)

Bu prototipin üretiminde materyal olarak endüstride çok yaygın kullanılan Sarıçam, Sarıçamdan elde edilmiş yalı baskı lambri profil, strafor (poliüretan yalıtım levhası), üç katmanlı masif panel, OSB levha, membran ve shingle kullanılmıştır.

Şase ve taşıyıcı çerçeveler: Prototip geliştirmede, piyasadan temin edilen çelik remork şasesine düzlem çerçevelerin bağlantısını sağlayan 8x8x20 cm boyutlarında kare profil ankraj ünitelerin 90,4 cm aralıklarla şase üzerine kaynatılması ile ilk adım atılmıştır (Resim 2).



Resim 2. Düzlem çerçeve sütunlarının şaseye bağlantı ankrajmanları (Anchors for connection of plane frame columns to the frame)

Bu işlemden sonra şase çelik çerçevesi üzerine 18 mm kalınlığındaki kontrplak levhalar vidalanarak ahşap mobil evin zemini oluşturulmuştur (Şekil 6). İkinci aşamada ahşap taşıyıcı çerçeveler hazırlanarak her bir çerçeve şase üzerine kaynatılan ankrajmanlara yerleştirilip vida ile sabitlenmiştir. Ankrajman profillerindeki vidalama yapılan yüzeylerin dış duvar içinde kalmasına dikkat edilmiştir. Bu işlemler Şekil 6' da üç boyutlu modellemede ve resimde görülmektedir.



Şekil 6. Ahşap taşıyıcı çerçevelerin şaseye bağlantısı ve zemin levhasının yerleştirilmesi (Connecting the timber frames to the chassis and installing the floor slab)

Ahşap mobil evin ana taşıyıcı sistemi ahşap düzlem çerçevelerdir. Ahşap düzlem çerçeveler 8x8cm en kesitli uzunluğu projede gerekli boydaki sarıçam elemanlardan oluşmaktadır. Bu çerçevelerin çatıdaki kısımlarında 130 cm uzunluğunda eğik kirişler yer almaktadır. Bu eğik kirişlerin taşıyıcı

düzlem çerçevenin yanlarındaki kolon ile zıvanalı birleşme konstrüksiyonu ile birleştirilmesi tasarım sürecinde öne çıkan düşünce olmuştur. Bu noktada bir kuvvet analizi yapılarak, üzerine gelecek çatı öz yükü ve ilaveten kar yükünü temsil edecek en çok kuvvet/yük taşıma kapasitesi teorik olarak aşağıdaki alan momenti denkleminden hesaplanmıştır.

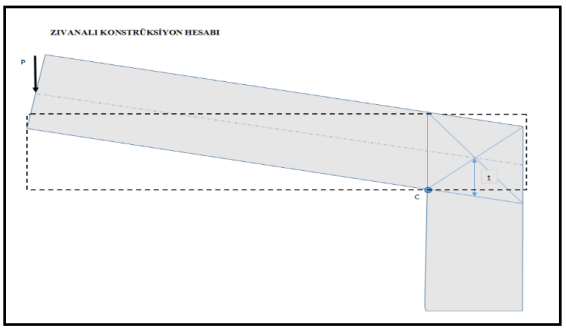
P_{max} x 130 = 2 x (A_z x t_m x σ_y x ($A_{krş}$ x t_m x σ_y)

P_{max} x 130 = 2 x (8 x 8 x 4 x (8 x 8 x 4 x (100/2)

P_{max} x 130 = 51200 + 12800

P_{max} x 130 = 64000 kg x cm alan momenti

P_{max} = 492,3 kg her bir eğik kiriş tarafın kuvvet/yük taşıma kapasitesi alan momenti denkleminden teorik olarak hesaplanmıştır. Her taşıyıcı düzlem çerçevede iki eğik kiriş mevcut olduğundan bu yük 492,3 x 2 = 984,6 kg olur. Ahşap mobil evin toplam 6 adet düzlem çerçevesi olduğundan zıvanalı konstrüksiyon birleşim yerlerinin taşıyabileceği toplam kuvvet/yük 948,6 x 6 = 5691,6 kg teorik olarak belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Çerçeve kiriş-kolon zıvanalı birleştirme kuvvet analizi hesabı (Frame beam-column mortise joint force analysis calculation)

Zıvana kuvvet taşıma denklem açıklaması

P max	Kirişin taşıyabileceği maksimum yük/kuvvet (kg)
Krş L	Eğik Kiriş uzunluğu (cm)
A_z	Zıvana yüzey alanı 2 adet (cm^2)
t	Zıvananın yüzey ağırlık merkezinin C noktasına olan dik mesafe (cm)
σ_y	Tutkal yapışma emniyet gerilmesi (kg/cm^2)
$A_{krş}$	Kiriş en-kesit ara yüzey alanı (cm^2)
t_m	Kiriş en-kesit alanı ağırlık merkezinden C noktasına olan dik mesafe (cm)
n	Zıvana yüzey sayısı

4.2. Yalıbaskı Lambriler, Straforla Yalıtım, İç Kaplama ve Elektrik Su Tesisatı (Insulated Paneling, Styrofoam Insulation, Interior Cladding and Electrical and Plumbing Installations)

Sarıçam keresteden biçilen 2,5x13cm boyutlarındaki çıtalar profil freze makinelerinde profil haline getirilmesiyle cephe döşemesi için kullanılan ahşap yalı baskı lambrileri üretilmektedir. Bu ahşap yalı baskı profilleri kendinden kinişli en birleştirme ile tasarlanmıştır. Piyasadan temin edilen I. sınıf kalitede ve 300 cm uzunluğundaki yalı baskı profiller modül boyu 90,4 cm olan ve ahşap çerçeveler arasını kapatacak uzunlukta kesilmiştir. Çerçeveler arasına 3x3cm en kesitli karkas çıtalar tutkallı ve vidalı olarak sabitlendikten sonra, yalıbaskılar polimarin tutkalı ve basınçlı çivi yardımı ile tutturulmuştur. Bu sırada Şekil 3-4-5' te verilen pencere ve kapı boşlukları uygun ölçülerde açıklık olarak bırakılmıştır. Dış cephe duvarı oluşturacak şekilde tüm çerçeveler arası yatay pozisyondaki yalı baskı profiller ile kapatılmış ve iç kısımlarına 22-26 kg/m^3 yoğunluğa sahip 3 cm kalınlığındaki poliüretan strafor levhalar döşenmiştir. Bu sırada ahşap mobil evin elektrik ve su tesisatı iç kaplama altında kalacak şekilde yerleştirilmiştir. Yalıtım levhalarını üstüne gelecek ve taşıyıcı düzlem çerçevelerin arasını kapatacak şekilde duvar iç cephe kaplaması olan 3 katlı CLT paneller ve tavan lambrileri kaplanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Yalı baskı, straforla yalıtım ve iç kaplama (Insulation printing, Styrofoam insulation and interior cladding)

4.3. Çatı Kaplaması (Roof Covering)

Ahşap mobil evin iç kısmının imalatının tamamlanmasının ardından çatı imalatına geçilmiştir. Çatı imalatında sırasıyla üç katmanlı panellerin bağlanacağı 3x5,3 cm en kesitindeki karkas çıtaları çatı eğik düzlem elemanları arasına tutkal ve vidalarla bağlanmıştır. Çıtaların üst kısmına çatının dış yüzeyini oluşturacak alana 12 mm kalınlığında OSB levhalar yerleştirilip çatının dış strüktürü oluşturulmuştur. OSB levhaların üzerine sudan etkilenmemesi için su itici madde sürülmüştür. Daha sonra tüm çatı eğik düzlemlerini kapatmak üzere OSB panellerin üstüne membran serilmiştir. Membran pürmüz ile ısıtılarak ek yerleri birbiri ile yapıştırılmıştır. Membranların üst kısmına eteklerden başlayıp mahyaya doğru yeşil yonca şıngıllar ünite ünite eklenmiş ve şıngıl çivisi ile çakılarak imalatı tamamlanmıştır. Daha sonra çatının iç kısmını oluşturacak alan için iki çıtanın arasına 4 cm kalınlığında strafor malzeme yerleştirilmiştir. Ardından bu yüzeyin üzerine 90,4 cm uzunluğunda ve 1,5 cm kalınlığında lambriler bağlanarak çatı yüzeyinin iç kısmı da kaplanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Çatı iç ve dış kaplaması, menbran ve şıngıl serme (Roof inner and outer coating, menbrane and shingle laying)

4.4. Pencere ve Kapı Doğramaları (Window and Door Joinery)

Prototip ahşap mobil evin tasarımında 4 farklı modülde 23 adet pencere doğraması (çerçevesi) yer almaktadır. Yükseklik ve genişlik ölçüsü sıralaması ile birinci modül:115x45 cm, ikinci modül: 45x45 cm, üçüncü modül: 115x90,4 cm, dördüncü modül: 45x90,4 cm dir. Bu uygulamada seri üretim dikkate alınarak her bir ahşap mobil ev için gerekli olan pencere doğraması standartlaştırılmıştır. Verilen ölçülerdeki sabit ve açılır-kapanır fonksiyonlu pencere çerçeveleri boşluklarına iç ve dış pervazlar yardımı ile tutkallı ve vidalı olarak bağlanmıştır. Kapı doğraması da imal edildikten sonra bırakılan boşluğa yerleştirilmiştir. Tüm imalat işlemlerinin tamamlanmasından sonra ahşap mobil evin dış cephesi konsept renginde yeşil ahşap koruyucusu ile boyanmıştır (Resim 3,4).



Resim 3. Ahşap mobil ev dış cephe görünüşü (Exterior view of wooden mobile home)



Resim 4. Ahşap mobil ev iç donatı resimleri (Pictures of wooden mobile home interior fittings)

5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS, DISCUSSION AND RECOMMENDATION)

Prototipi geliştirilen ahşap mobil evde iki temel bulgu dikkat çekmektedir. Bunlardan ilki;

Yapılan teorik hesap analizine göre taşıyıcı sistem çerçevelerinin taşıdığı toplam çatıya gelen yük kapasitesi dikkate alınarak ahşap mobil evin çatı bağlantısı için en çok kuvvet taşıyan zıvanalı birleşmenin uygun olduğu belirlenmiştir. L şekilli kolanlar ile eğik kirişiler zıvanalı yöntemle birleştirilmiştir. Yapılan bu birleştirme tekniklerin analizinden elde edilen sayısal veriler doğrultusunda çatı düzleminin **5907,74 kg** kapasitede kar yükü vb. harici yükleri taşıyabileceği sonucuna varılmıştır. Bu durumda tüm elemanlarının ahşaptan oluşturulduğu taşıyıcı düzlem çerçevelerinin yeterli sağlamlığa sahip olduğu söylenebilir.

İkinci öne çıkan bulgu ise prototipin imalatının tamamlanmasının ardından ekim ve kasım aylarında yapılan sıcaklık, nem, ses-gürültü ölçümü sonucu elde edilen veri ortalamaları Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Ekim ve Kasım aylarındaki sıcaklık - nem - gürültü ölçüm değerleri (Temperature - humidity - noise measurement values in October and November)

	Ekim 2023			Kasım 2023		
Ölçüm Saatleri	**08:00**	**12:30**	**17:30**	**08:00**	**12:30**	**17:30**
İç orta sıcaklık (C°)	10,9	14,4	17,1	10,6	18,6	18,2
İç duvar sıcaklık (C°)	10,2	13,6	17,3	10,4	18,3	20,9
İç orta nem (%)	45,2	34,6	37,5	47,4	36	41,1
İç duvar nem (%)	48,0	40,3	40,3	50,3	42,3	48,3
Dış sıcaklık (C°)	10,5	16,4	14,4	8,2	14,3	14,8
Dış nem (%)	70,7	42,2	42,6	72,8	47,0	53,0
İç orta gürültü (Db)	33,5	32,7	33,5	34,5	40,3	39,8
İç duvar gürültü (Db)	35,7	34,5	46,6	45,6	45,5	47,6
Dış gürültü (Db)	60.2	68,4	66.2	64,8	62,2	61,8

Tablo 1 incelendiğinde tüm ayın ortalaması ölçüm saatlerindeki mekan iç orta sıcaklık ile iç duvar yüzey sıcaklıklarının bir birine çok yakın değer teşkil ettiği, bu ölçüm saatlerindeki sabah, öğle ve akşam sıcaklıklarında önemli miktarda ısı izolasyonu sağlandığı görülmektedir.

Nem ölçümlerinde iç ve dış ortam nem derecesinde önemli miktarda fark olduğu ve buna göre ahşap duvarların havanın nispi nemini absorbe ederek regüle ettiği söylenebilir.

Ses/gürültü ölçümlerinde sıcaklık ve nem değerlerine göre daha yüksek miktarda yalıtım sağladığı görülmektedir. Ahşap mobil evin sıcaklığı, nemi ve gürültüyü dış ortama göre yalıtıp iç mekanda yaşam konforuna daha uygun hale getirmesinin ahşabın yapısal özelliğinden kaynaklanmakta olduğu söylenebilir.

Mobil evlerin yük ve taşıyıcı sistemlerinin genellikle çelik konstrüksiyondan tasarlanıp üretildiği literatür taramalarında ortaya çıkmıştır. Bu araştırmada yeşil ev konseptindeki ahşap mobil

ev taşıyıcı sistemlerine özgün yaklaşımlar ile mobil evin taşıyıcı sistemlerinin tamamının ahşaptan olabileceği, bu durumda ahşap mobil evin toplam ağırlığının metal taşıyıcı sistemli olanlara göre malzemelerin yoğunluğu esas alındığında daha hafif kalacağı anlaşılmıştır.

8 cm kalınlığındaki ahşap duvar panellerinin herhangi bir ısıtma kaynağı olmadan düşük dış ortam ısısı karşısında ısı izolasyonu, nem izolasyonu ve ses/gürültü izolasyonu sağladığı bu özelliği ile kullanıcıya önemli bir yaşam kalitesi sunabileceği tespit edilmiştir. Yapılan teorik mukavemet analizine göre ahşap taşıyıcı sistemin yaklaşık 6000 kg' lık yük / kuvvet karşısında yeterli sağlamlıkta olabildiği belirlenmiştir.

Metal taşıyıcılı mobil evler de korozyon ve çürüme meydana gelebileceği, buna karşılık ahşap mobil evde alınan tedbirler neticesinde herhangi bir çürüme ve diğer olumsuzluklar meydana gelemeyeceği söylenebilir.

Ahşap mobil ev prototipinin geliştirilmesinde basit el aletleri ve dört işlem ahşap işleme makineleri kullanılmış olup, üretim donanımı maliyetinin çok düşük finans gerektirdiği söylenebilir. Sürdürülebilir bir materyal olarak ahşabın, bir ahşap mobil eve dönüşmesinin neticesinde sağlamış olduğu ısı, elektrik, su tüketimi gibi verimlilikleri ile yeşil ev konseptinde kullanılabileceği sonuç ve kanaatine varılmıştır.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI
(DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

The author of this article declares that the materials and methods they use in their work do not require ethical committee approval and/or legal-specific permission.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu araştırma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FDK-2023-8476 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Gazi Üniversitesi yetkililerine ve çalışanlarına teşekkürler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Ümit DENİZYOL: Deneyleri yapmış, sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Ümit DENİZYOL conducted the experiments, analyzed the results, and wrote the article

Ramazan BÜLBÜL: Deneyleri yapmış, sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Ramazan BÜLBÜL conducted the experiments, analyzed the results, and wrote the article

Mustafa ALTUNOK: Deneyleri yapmış, sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Mustafa ALTUNOK conducted the experiments, analyzed the results, and wrote the article.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

There is no conflict of interest in this study

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] Şentürk, S. H., (2014). Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10(10) 89.

[2] Çalık, H.İ., Özgören, M. 2023. 'Düşük Emisyonlu Yeşil Bina Tasarımı ve Hesaplaması: Ankara İli İçin Örnek Bir Çalışma' 15. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir. 1-38.

[3] Bayar, U., Atılgan, A. İ. (2015). "Yeşil Ev Tasarımı ve Enerji Analizi İçin Uygulama Örneği," Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 671, s. 41-52.

[4] Çakır Arıca, Ş.,Kağar, C. (2018). Gelecek Nesillere Yaşanabilir Bir Dünya Bırakmanın Anahtarı: ekolojik okuryazarlık. Doğanın Sesi(2), 31-42.

[5] Yeler O., Ulay G., Akdeniz S., (2022), Hobi bahçeleri tasarımında ahşap donatı ihtiyaçlarının belirlenmesi ve örnek model oluşturulması: Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi örneği, Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 5 (2), 71-82, DOI:10.33725/mamad.1134047

[6] Bülbül, R., (2024). Çapraz lamine ahşap levhaların teknolojik özellikleri ve sonlu elemanlar yöntemi ile analizi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 12.

[7] Avlar, E. Limoncu, S. Tızman, D. (2023). Deprem sonrası geçici barınma birimi: CLT E-BOX. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 38(1), 471-482.

[8] Batur, A. (2004). Gelişmiş Ahşap Yapım Sistemleri ve Türkiye Koşulları Yönünden Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 44.

[9] Bilici, S. (2006). Ahşap Konut Üretim Sistemleri; Almanya Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 57-60.

[10] Şişman, M.E., Balaban Ökten, B., (2023). Yapı Sektöründe Ahşap Teşvik Politikaları ve Etkileri. Bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design. 4 (özel sayı), s.48-64.

[11] Öztürk, Y., Altunok, M. (2024). Ahşap Yeşil Ev Konsepti Tasarımına Özgün Yaklaşımlar. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi PART C: Tasarım ve Teknoloji, 12(3):550-569. DOI: 10.29109/gujsc.1496217

[12] Eriç, M. (2002). Yapı Fiziği ve Malzemesi. (2.Baskı). İstanbul: Literatür Yayıncılık, 57-65.

[13] Uysal, B. (2011). Ağaç malzeme ders notları, Karabük: Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 11-18.

[14] Erşahin, M.M., (2022). Günümüz Mimarlığında Ahşap Prefabrikasyon, Malzeme Kullanımı Ve Strandparken Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 98-99.

[15] Kıncay, O., (2011). Sürdürülebilir Yeşil Yapılar, Yayınlanmamış Ders Notları.

[16] Hassanieh, A., Valipour, H. R., Bradford, M. A., & Sandhaas, C. (2017). Modelling of steel-timber composite connections: Validation of finite element model and parametric study. Engineering Structures, 138, 35-49.

[17] Evliyaoğlu Yiğit, D., (2023). Geleceğin Konutları: Mikro Konutlar, I.Tasarımda Güncel Yaklaşımlar Sempozyumu, İstanbul Rumeli Üniversitesi, 111-126.

[18] Şengül G., (2019). Mobil Konut Bağlamında, Zamanın Değişen İhtiyaçlarına Karşı Mekansal Arayışlar: Tiny House Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü.

[19] Neufert, N., (2000). Yapı Tasarım Bilgisi (35.Baskı). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.