Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi
Furniture and Wooden Material Research Journal
Araştırma Makalesi - Research Article 2023 -6(2), 175-182

Farklı perforelerle oluşturulan çapraz lamine ahşap levhaların (CLT) ısı iletkenlik değerlerinin belirlenmesi

Ramazan Bülbül[1]*, Hakan Keskin[1]

Öz

Bu çalışmada, orman ürünleri sanayisinde yaygın bir kullanım alanına sahip olan sarıçam (*Pinus silvestris* L.) odunundan; kontrol grubu ile ara katmanlarda perforasyon oranları sırasıyla %5, %10 ve %20 olmak üzere 45 mm kalınlıkta, üç katmanlı çapraz lamine ahşap levhalar (CLT) oluşturulmuştur. Çapraz lamine ahşap levhaların ara katmanını oluşturan masif levhanın yüzeyine belirtilmiş olan oranlarda ve Ø10 mm çapında perforasyon işlemi yapılmış ve her iki yüzeyine tutkal sürüldükten sonra preslenerek çapraz lamine levha üretilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen çapraz lamine ahşap levhaların TSE EN 322'ye göre rutubet miktarının tayini, TS EN 323'e göre yoğunlukları, TS EN 12667' ye göre ise ısı iletim katsayıları tespit edilmiştir. Yapılan deneylerden elde edilen verilere göre, çapraz lamine ahşap levhaların (CLT) ara katmanlarına belirtilmiş olan oranlarda yapılan perforasyon uygulamasında ısı iletim katsayılarında kontrol grubuna kıyasla %1.05, %4.56 ve %9.73 oranında azalma meydana geldiği ve bu azalmanın da istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Ara katmanlarda uygulanan perforasyon işleminin anlamlı olan etki düzeyinin daha yüksek olması için ara katmandaki levhanın daha düşük yoğunluğa sahip masif ahşap malzemelerden yapılması ve perforasyon işleminin ise CNC makinelerinde uygulanması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Sarıçam, çapraz lamine ahşap, ısı iletim katsayısı, perforasyon

Determination of thermal conductivity values of cross-laminated timber (CLT) boards formed with different perforations

Abstract

In this study, from scotch pine (*Pinus silvestris* L.) wood, which has widespread use in the wood products industry; Three-layer cross-laminated wooden boards (CLT) of 45 mm thickness were formed with the control group, with perforation rates of % 5, %10 and %20 in the interlayers, respectively. Perforation is made on the surface of the solid board, which forms the interlayer of cross-laminated wooden boards, at the rates specified and with a diameter of Ø10 mm. and after applying glue on both surfaces, a cross-laminated board was produced by pressing. Determination of moisture content according to TSE EN 322, densities according to TS EN 323, and heat transmission coefficients according to TS EN 12667 of the cross-laminated board produced within the scope of the study were determined. According to data obtained from the tests conducted, in the application of perforation made at the specified rates to the interlayers of cross-laminated timber (CLT) boards. It was observed that the heat transmission coefficients decreased by %1.05, %4.56 and %9.73 compared to the control group, which was statistically significant. In order for the perforation process applied in the intermediate layers to have a higher level of significant effect, it is recommended that the board in the intermediate layer be made of solid wood materials with lower density and the perforation process be applied on CNC machines.

Keywords: Scotch pine, cross-laminated timber, heat conduction coefficient, perforation

Makale tarihçesi: Geliş:23.07.2023, Kabül:11.11.2023, Yayınlanma:29.12.2023, *e-posta: ramazanbulbul@gazi.edu.tr
[1]Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği, Ankara/Türkiye
Atıf: Bülbül R., Keskin H., (2023), Farklı perforelerle oluşturulan çapraz lamine ahşap levhaların (CLT) ısı iletkenlik değerlerinin belirlenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 6 (2), 175-182, DOI: 10.33725/mamad.1331454

1 Giriş

Küresel ısınmaya karşı etkin önlemlere ihtiyaç duyulduğu, üstün ısı yalıtım özelliklerine sahip malzemelerin geliştirilmesi gerektiği (Kawasaki ve Kawai, 2006), binaların enerji tüketiminin azaltılması gerektiği, bundan dolayı bir binanın ısı yalıtımı bu sürecin önemli bir parçası olduğu için yalıtım malzemelerinin tasarımında düşük ısı iletkenliği değerleri elde etmenin önemi (Sekino, 2016) vurgulanmıştır. Her geçen gün yalıtım uygulamalarına daha fazla gerek duyulduğu (Akgün, 2008) ve enerjinin etkin kullanımında binanın iç ortamını dış ortamdan ayıran yapı elemanlarının yalıtım özelliği öne çıkmaktadır (Uysal ve ark., 2011). Isı yalıtım malzemelerinin ise insan ve çevre sağlığına zararı olmadan, istenilen ısı yalıtım özelliklerine sahip olması gerektiği bildirilmektedir (Kabakçı, 2018).

Ağaç malzeme, doğal güzelliği, yüksek özgül mukavemeti, ısı yalıtımı, taşıma ve üretim süreçlerinde kolay işlenebilme özelliğinden dolayı konut inşaat malzemesi olarak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Kılıç ve ark. 2006). Ahşap yapılar, özellikle sismik eğilimli alanlarda inşa edilen yapılar için büyük avantajlar sağladığı için son yıllarda yeniden popülerlik kazanmıştır (Izzi ve ark., 2018).

Ahşap yapıların inşasında farklı yöntem ve tekniklerle üretilen birçok yapısal ahşap ve ahşap esaslı ürünler ile yapılar oluşturulmaktadır. Bunlardan bir tanesi ise Türkiye'de ahşap yapı sektöründe kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşan çapraz lamine ahşap (CLT) levhalardır.

Avrupa standartlarına göre ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayıları 0.06 – 0.10 W/m.K'nın altında olmalıdır, ISO ve CEN standartlarına göre ısı iletim katsayısı 0.065 W/m.K değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak adlandırılmaktadır. Isı iletim katsayısı, ısı yalıtım malzemeleri seçiminde en belirleyici özellik olurken, bu değer ne kadar küçük ise malzeme o kadar iyi bir ısı yalıtkanıdır (Kabakçı, 2018). Dolayısıyla ısı yalıtım malzemelerinin en önemli özelliği şüphesiz ısı iletim katsayılarının mümkün olduğunca sıfıra yakın olmasıdır (Kaya ve İmirzi, 2023).

Isı iletim katsayısı sembolü lambda (λ), birimi W/m.K'dır. Bu birim, bir malzemenin bir birine dik ve bir metre mesafedeki bir m²'lik iki yüzeyi arasında sıcaklık farkı 1 °C olduğunda birim zamanda geçen ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır (Altınışık, 2006).

Çapraz lamine ahşap (CLT) paneller, sahip oldukları yapısal rijitlik özelliklerinden dolayı perde duvarlar, zemin diyaframları ve çatı tertibatları için tercih edilen bir inşaat malzemesi haline gelmiştir (He ve ark., 2018). Ayrıca deprem sonrası geçici barınma sürecini geliştirebilecek, estetik ve kalite gözetilerek depremzedelere güvenli ve yaşanabilir ortamlar sunmak için iki farklı CLT E-BOX modeli tasarlanmıştır. Tasarlanan CLT E-BOX modellerinin kullanım esnekliği ve kurulum alanının yerleşim önerisi ile deprem sonrası barınma sorununun giderilebilir ve deprem sonrası yaşam koşullarının beklenen düzeye yükseltilebileceği vurgulanmıştır (Avlar ve ark., 2023). Dolayısıyla deprem öncesi ve deprem sonrası geçici veya kalıcı konut olarak tasarlanan CLT E-BOX ve buna benzer konut tasarımlarının proje boyutunda kalmaması, üretimlerinin gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır. Bununla birlikte üretilen bu tür yapıların pilot bir bölgede uygulamasının yapılması, ülkemizde yaşanılan son yıkıcı depremler sonrası ortaya çıkan konut ihtiyacının giderilmesi açısından önem arz etmektedir.

Isı iletim katsayılarının 0.083 W/m.K ile 0.137 W/m.K arasında değiştiği tespit edilen bir çalışmada ahşap esaslı kompozit paneller incelenmiştir (Şahin ve Döngel, 2018). Ağaç türü olarak, doğu ladini (*Picea orientalis* L.*)* tercih edilerek hazırlanan iki farklı çalışmadan birincisinde 5 farklı yapısal ahşap ürünün ısı iletim katsayısı değişimleri incelenmiştir.

İncelenen değişimlere göre kontrplak, Q-LVL, LVL, PSL ve CLT panellerde en düşük ısı iletim katsayısı değerinin kontrplak'ta 0.0965 W/m.K, en yüksek ısı iletim katsayısı değerinin ise CLT panelde 0.1161 W/m.K olarak ölçülmüştür (Öztürk ve ark., 2017). Poliüretan tutkalı kullanılarak oluşturulan CLT levhaların ısıl iletim katsayısı değerlerinin belirlenmesi için, ara katmanda lif yönleri 45˚ ve 90˚ olarak hizalanmış ahşap masif levhalardan oluşan iki tip CLT panelini karşılaştırmışlardır. Buna göre ara katmandaki lif yönü 45˚ olan CLT panelin ısı iletim katsayısı değeri 0.1050 W/m.K, lif yönü 90˚ olan CLT panelin ısı iletim katsayısı değerinin ise 0.1032 W/m.K olduğu belirlenmiştir (Öztürk ve ark., 2020). Sarıçamda ısı iletkenlik katsayısının teğet yönde 0.1015 W/m.K, radyal yönde 0.1040 W/m.K olarak tespit etmiştir (Arslan, 2015).

Düşük sıcaklık ve uzun süreli farklı ısıl işlem süreçlerinde ahşabın yapısal bozunuma bağlı fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelendiği çalışmada ise sarıçam, meşe ve kestane odunu örnekleri incelenmiştir. 170°C/4s ve 190°C/3s ısıl işlem şartlarının daha uygun olduğu, ısı iletim katsayısının azaldığı, yalıtkanlığının ve mekanik direnç değerlerinin artış kaydettiği belirlenmiştir. Ahşap kullanımı için (denge rutubeti bakımından) uygun olan iklim şartının ise 40°C%35 olduğu tespit edilmiş bu iklim şartında en düşük ısı iletkenlik katsayısı değerininin sarıçam örneklerinde 0.1124 W/m.K olduğu görülmüştür (Altunok ve ark., 2023).

Sarıçam, kestane ve meşe odunlarının ısı iletim katsayılarını belirlemek için yapılan ölçümlerde; ısı iletim katsayısı değerini en düşük sarıçamda 0,1049 W/m.K olarak tespit edilmiştir. Bunun nedeni ise Sarıçam odunu yoğunluğunun düşük ve iç boşluğunun diğer odun türlerine göre fazla olmasından kaynaklandığı söylenebilir (Doğan ve Altunok, 2018). Bununla birlikte tabakalı kompozit panellerde ara katmanlarda yapılan geometrik oluklandırmaların; bu tür panellerde ısı iletim katsayılarını düşürdüğünü belirtmiştir (Kaya ve İmirzi, 2023).

Yapıların kullanımında sürdürülebilirlik sağlayacak ve enerji tüketiminin önemli bir parçası olan düşük ısı iletkenliği değerlerine sahip malzemelerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) odunu örnekleri ile kontrol grubu, ara katmanlarda ise perforasyon oranları sırasıyla %5, %10 ve %20 olan üç katmanlı ve 45 mm kalınlığındaki çapraz lamine levhalar (CLT) üretilerek ısı iletim katsayılarının belirlenmesidir.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

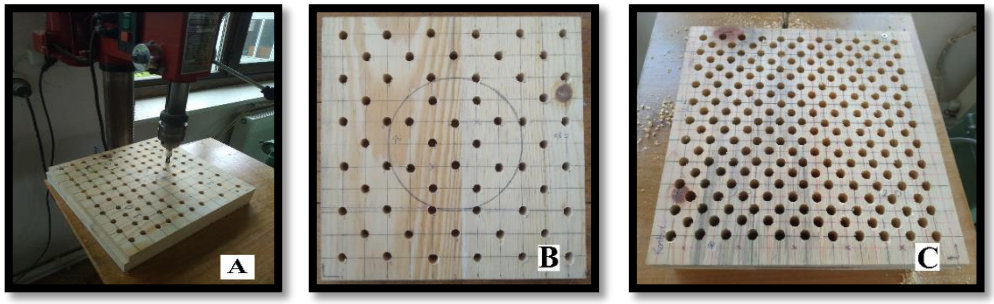
Bu araştırmada, sarıçam (*Pinus silvestris* L.) odunları kullanılmıştır. Çalışma konusu kereste; birinci sınıf özelliklerde, düzgün lifli, budaksız, reaksiyon odunu, çürüme, böcek ve mantar tahribatının olmamasına dikkat edilerek ve rastgele yöntemle seçilmiştir.

Çapraz lamine ahşap levhalar TS EN 12667 (2003) esaslarına göre hazırlanan deney örnekleri 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem şartlarında iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kondisyonlanmıştır. Isı iletim katsayılarının belirlenmesi için Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği Bölümü test laboratuvarındaki Linseis HFM 300 test cihazı kullanılmıştır.

Kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz oluşu ile işlenmesi sırasında kesici aletleri yıpratmaması gibi avantajlı özelliklerinden dolayı PVAc tutkalı tercih edilmiştir. Birleştirilecek yüzeylerden yalnız birinin tutkallanması ve birleşme yüzeyine 150-200 g/m^2 PVAc tutkalı uygulamasında TS 3891/T1 (1992) de belirtilen esaslara uyulmuştur.

2.2 Metot

Bu deneysel çalışmada; kaba kesimli ölçüleri 300 mm x 100 mm x 20 mm olan sarıçam masif parçaları, temel işlem makineleri (planya makinesi, daire testere ve kalınlık makinesi) ile 300 mm x 300 mm x 15 mm ölçüsünde masif levha oluşturacak biçimde işleme tabi tutulmuşlardır. İşlenen ahşap masif parçaların öncelikle cumbalarına m²'ye 150 – 200 gram PVAc tutkalı sürülerek yan yana ekleme pres makinesinde 8 kg/cm²'lik basınç ile 300 mm x 300 mm x 15 mm ölçüsünde Şekil 2.a'daki ahşap masif levhalar üretilmiştir. Üretilen ahşap masif levhaların kontrol grubu haricindeki çapraz lamine ahşap levhaların ara katmanlarında, Şekil 1.a'da görüldüğü gibi 10 mm çapındaki sütunlu matkap tezgâhında ile Şekil 1.b'de %5, Şekil 1.c'de ise %10 ve %20 oranlarında perforasyon delikleri oluşturulmuştur. Daha sonra perforasyon işlemine tabi tutulan ve ara katmanlarda kullanılan ahşap masif levhaların her iki yüzeyine PVAc tutkalı sürülerek 3 katman halinde tanzim edilen çapraz lamine ahşap levhalar, Şekil 2.b'deki pres makinesinde cm²'ye 80 kg'lık bir pres basıncı ile sıkılarak çapraz lamine ahşap (CLT) levhalar elde edilmiştir. Elde edilen levhaların ölçümleri şekil 2.c'de görülen Linseis HFM 300 ısı iletkenlik cihazında elde edilmiştir.



Şekil 1. Perforasyon konumları işaretlenmiş masif levhada delme işlemi (A) , Ara katmanına %5 perforasyon oluşturulmuş masif levha (B), Ara katmanın %20 perforasyon oluşturulmuş masif levha (C).



Şekil 2. Yan yana ekleme pres makinesi (A), Pres (B), Isı iletkenlik katsayısı tespit cihazı (C)

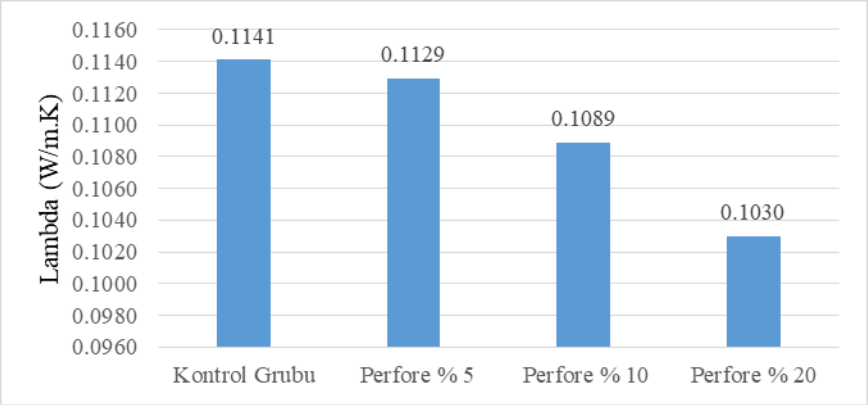
3 Bulgular

Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) odunundan üretilen çapraz lamine ahşap levhanın; TS EN 323 (1999)'teki esaslara uygun olarak yapılan yoğunluk belirleme testinin sonuçlarına göre deney numunelerinin hava kurusu yoğunluk ortalaması 488 kg/m^3, tam kuru yoğunluk ortalaması 465 kg/m³ olduğu görülmüştür. TS EN 322 (1999)'ye göre çapraz lamine ahşap levhaların ortalama rutubet değerinin ise %8.94 olduğu tespit edilmiştir. Bu yoğunluk ve rutubet değerlerine sahip olan çapraz lamine ahşap levhaların ısı iletim katsayılarına ilişkin istatistiksel sonuçlar Çizelge.1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çapraz lamine ahşap levhalara ait ısı iletim katsayısı (λ) değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Malzeme Çeşidi	N	Ortalama (W/m.K)	Min (W/m.K)	Max (W/m.K)	Std. Sp.	v. (%)
Kontrol	10	0.1141	0.1065	1.2358	0.0045	26.45
% 5 Perforasyon	10	0.1129	0.1065	1.2145	0.0049	24.15
% 10 Perforasyon	10	0.1089	0.1019	1.1839	0.0053	27.67
% 20 Perforasyon	10	0.1030	0.9029	1.1042	0.0067	44.42

Çizelge 1'e göre çapraz lamine ahşap levhaların ısı iletim katsayısı ortalamalarının birbirinden farklı değerlere sahip olduğu görülmektedir. Çizelgeye göre levhaların en düşük ısı iletim katsayısı değeri 0.1030 W/m.K olup, ara katmanda %20 perforasyon oluşturulan çapraz lamine ahşap levha grubunda gerçekleşmiştir. Ara katmanı farklı perforasyon oranlarına sahip çapraz lamine ahşap levhalara ait sütun grafiği Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Ara katmanı farklı perforasyon oranlarına sahip levhalara ait sütun grafiği

Şekil 3'e göre birbirlerinden istatistiksel olarak farklı değerlere sahip çapraz lamine ahşap levhaların grupları arasındaki farklılıkların anlamlı olup olmadığını tespit etmek için tek yönlü varyans analizi yapılmış olup, sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Isı iletim katsayılarına (lambda λ) ilişkin tek yönlü varyans analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık Düzeyi p<0,05	Kısmi Eta Kare
Ara Katman Perforasyon Oranı	0.001	3	0,000	8.617	0.000	0.418
Hata	0.001	36	2,924E-5			
Toplam	0.484	40				
Düzeltilmiş Toplam	0.002	39				

Tek yönlü varyans analizinin sonuçlarına göre; ara katmanda oluşturulan perforasyon uygulamasının etkisinin ($p \leq 0.05$) istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve etki düzeyinin ise %41.8 oranı ile yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda etkisi anlamlı düzeyde farklı çıkan değişkenin grupları arasındaki farklılıkları belirlemek için Duncan testi yapılarak, sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Isı iletim katsayısına (λ) etkisi anlamlı çıkan perforasyon oranları değişkenin grupları arasındaki farklılıkların homojenlik grupları

Malzeme Çeşidi	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	
	(Xort)	HG
Kontrol grubu	0.1141	A
% 5 Perforasyon	0.1129	AB
% 10 Perforasyon	0.1089	B
% 20 Perforasyon	0.1030	C
LSD: 0,0041W/m.K	HG: Homojenlik grubu	

Çizelge 3'teki Duncan testi sonucuna göre levhaların ara katmanlarında oluşturulan perforasyon uygulamasının etkilerinin %5 (α: 0.05) hata payı dâhilinde değerlendirildiğinde; levhaların ısı iletim katsayısına etkilerinde %10 ile %20 perforasyon oranına sahip olan levhaların kontrol grubu ile aralarında anlamlı bir farkın olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca perforasyon değişkeninin grup ortalamalarına bakıldığında, en düşük ortalama ısı iletim katsayısı değerinin %20 perforasyonlu ara katmana sahip çapraz lamine ahşap levhada meydana geldiği tespit edilmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada ara katmanları farklı yüzdelik oranlardaki perforasyonlara sahip 3 katmanlı çapraz lamine ahşap (CLT) levhaların hava kurusu yoğunluk değerleri, tam kuru yoğunluk değerleri, rutubet değerleri ve ısı iletim katsayısı değerleri deneysel yöntemlerle belirlenmiştir. Ara katmanda oluşturulan perforasyon oranının istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre;

- Perforasyon oranı %5 olan CLT grubunun ısı iletim katsayısı değerlerinin kontrol grubuna yakın değerde bulunduğundan aralarında anlamsız bir farkın olduğu; %10 ve %20 perforasyonlu CLT'lerin ısı iletim katsayısı değerlerinin ise kontrol grubuna göre anlamlı sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Ara katmanlarda uygulanacak perforasyon uygulamalarında yüzey alanı yüzdelik oranlarının %10 ve %20 perforeler olduğu, perfore boşluklarının Ø10 mm'nin yanı sıra Ø20 mm'lik oluşturulması ve CNC makinelerinden yararlanılması gerektiği tespit edilmiştir.
- Isı yalıtımı açısından özellikle %20 perforasyon oranına sahip çapraz lamine ahşap levhaların, iç mekânların taşıyıcı olmayan kısımlarında ara bölme duvar elemanı olarak kullanılması önerilir
- Çapraz lamine ahşap (CLT) levhaların dış mekanda kullanılması durumunda ise dış hava koşullarına dayanıklı tutkal türlerinden poliüretan veya üre-formaldehit tutkal türlerinin seçilmesi önerilir.
- Daha düşük yoğunluğa sahip ahşap malzemeler ile CLT'lerin üretilmesi, perforasyon % oranlarının arttırılması ve elde edilecek CLT'lerin ısı iletim katsayısı-ses yutumu gibi fiziksel özelliklerinin araştırılması önerilir.

Teşekkür

Bu makale, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen 8051 ID numaralı, FDK-2022-8051 kodlu ve "Çapraz Lamine Ahşap Levhaların Teknolojik Özellikleri ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi" adlı doktora tezi projesinden üretilmiştir. BAP koordinasyon birimine teşekkür ederiz.

Yazar katkıları

Ramazan Bülbül: Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), proje yönetimi, metodolojinin belirlenmesi, araştırmanın yapılması, analizlerin yapılması, veri iyileştirme, kaynaklar, görselleştirme, makale taslak oluşturma, makale yazma, inceleme ve düzenleme. **Hakan Keskin:** Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), proje yönetimi, metodolojinin belirlenmesi, veri iyileştirme, kaynaklar, denetleme, doğrulama, makale yazma, inceleme ve düzenleme.

Finansal destek beyanı

Bu çalışmaya Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından finansal destek sağlanmıştır.

Çıkar çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

Akgün, K., (2008), Lamine edilmiş kestane (*Castanea sativa Mill*.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine tanen ve ısıl işlemin etkileri, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*

Altınışık, K., (2006), *Isı Yalıtımı (Birinci Basım),* Nobel Yayınevi, yayın no: 954.

Altunok, M., Bülbül, R., Güneş, M., (2023), Farklı ısıl işlem ve klimatik uygulamanın yapısal ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkilerinin deneysel incelenmesi, *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology,* 11(1), 263-272. DOI: 10.29109/gujsc.1190933.

Arslan, F., (2015), Lamine ağaç malzemelerin farklı rutubet şartlarında ısı iletkenlik ve dielektrik özelliklerinin belirlenmesi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*

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. DOI:10.17341/gazimmfd.1027894.

Doğan, N, N., Altunok, M., (2018), Doğal tanen ile modifikasyonun bazı ağaç türlerinde ısı geçirgenliğine etkilerinin incelenmesi, 5. Uluslararası Mobilya Kongresi, 1-4 Kasım 2018, Eskişehir, Türkiye.

He M., Sun X., Li Z., (2018), Bending and compressive properties of cross-laminated timber (CLT) panels made from canadian hemlock, *Construction and Building Materials, 175–183*. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2018.07.072.

Izzi M., Casagrande D., Bezzi S., Pasca D., Follesa M., Tomasi R., (2018), Seismic behaviour of cross laminated timber structures: a state-of-the-art review, *Engineering Structures, 170, 42–52.* DOI:10.1016/j.engstruct.2018.05.060.

Kabakçı, A., (2018), Bazı ahşap döşeme kaplamalarında kullanılan içi boşluklu su bazlı boyanın sertlik, yapışma ve ısı yalıtım özellikleri, *Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*

Kawasaki T., Kawai S., (2006), Thermal insulation properties of wood-based sandwich panel for use as structural insulated 52, *Walls and Floors, The Japan Wood Research Society,* 75–83. DOI 10.1007/s10086-005-0720-0.

Kaya M., İmirzi H. Ö., (2023), Ahşap esaslı tabakalı kompozit panellerin ısı iletim katsayılarının belirlenmesi, Anadolu 12th International Conference On Applied Sciences, s: 66-75, Diyarbakır / Türkiye

Kılıç Y., Çolak M., Baysal E., Burdurlu E., (2006), An investigation of some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber manufactured from black alder (Alnus glutinosa) glued with polyvinyl acetate and polyurethane adhesives. *Forest Products Journal*, vol.56, no.9, 56-59.

Öztürk H. H., Birinci A., Demirkır C., (2017), Yapısal ahşap ürünlerinin ısı yalıtım özellikleri, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 522-527.

Öztürk H., Yücesoy D., Çolak S., (2020), Thermal conductivity of cross laminated timber (CLT) with a 45^{o} alternating layer configuration, *Wood Industry and Engineering, vol:02, pages:13-16.*

Sekino N., (2016), Density dependence in the thermal conductivity of cellulose fiber mats and wood shavings mats: investigation of the apparent thermal conductivity of coarse pores, *The Japan Wood Research Society*, 62, 20–26, DOI 10.1007/s10086-015-1523-6.

Şahin H., Döngel N., (2018), Bazı ahşap ve ahşap esaslı levhaların ısı iletkenlik özelliklerinin belirlenmesi, 5. Uluslararası Mobilya Kongresi, 1-4 Kasım 2018, Eskişehir, Türkiye.

TS 3891/T1 (1992), Yapıştırıcılar- Polivinil asetat esaslı emülsiyon (ahşap malzeme için), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS EN 322 (1999), Ahşap esaslı levhalar-Rutubet miktarının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS EN 323 (1999), Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS EN 12667 (2003), Yapı malzemeleri ve mamullerinin ısıl performansı-mahfazalı sıcak plâka ve ısı akış sayacı metotlarıyla ısıl direncin tayini-yüksek ve orta ısıl dirençli mamuller, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

Uysal B., Yapıcı F., Kol H. Ş., Özcan C., Esen R., Korkmaz M., (2011), Emprenye yapılmış ağaç malzeme üzerine uygulanan üst yüzey işlemlerinin ısı iletkenliklerinin belirlenmesi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 Mayıs 2011, s. 262-266, Elazığ, Türkiye.