

Ahşap Elemanlarda Nem Değerlerinin Ölçülümünde Kullanılan Cihazlar ve Yeni Bir Cihaz Önerisi

Mustafa Emin TOPRAKCI ^{1*}, Ali URAL ¹

¹ Aksaray Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Aksaray

*Sorumlu yazar (Corresponding author): emin.toprakci@micom.com.tr

Geliş Tarihi (Received): 16.08.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 30.09.2024

Özet

Ahşap elemanların nem ile ilişkileri ekonomik ve teknik açıdan önem arz etmektedir. Çünkü ahşap elemanların nem oranı değişimi ile, özellikle işlenme özellikleri ve mekanik davranışları gibi önemli yapısal davranışları değişiklik göstermektedir. Bir ahşap malzemede rutubet miktarının tayini, eskiden beri kullanılan kurutma yöntemlerinin yanında artık elektrikli rutubet ölçerler ile yapılmaktadır. Ahşap nem ölçümünde kullanılan bu tip cihazlar genel olarak yurt dışından ithal edilmekle birlikte, fiziki ve teknik yapı eksikliklerinden dolayı sadece kısıtlı özelliklere sahip olmaktadır. Ayrıca yurtdışından dövizle alındığı için yüksek maliyete sahiptirler. Bu sebeple ahşapta nem ölçümünde maliyeti düşürmek ve yerli milli ahşap nem ölçerimizin üretilmesinde yeni bir öneri oluşturmak amacıyla çalışma hazırlanmıştır. Ahşapta nem ölçümünü, otomasyon sistemi tasarımlarında sıklıkla tercih edilen ve aynı zamanda ekonomik çözüm üretimine elverişli Arduino sistem üzerine kurmak tercih edilmiştir. Oluşturduğumuz cihaz ile farklı tür ahşaplardan aldığımız nem ölçüm değerleri, piyasada mevcut cihazların nem ölçüm değerleri ile karşılaştırılmış ve grafikler üzerinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arduino, ahşap, nem, nem ölçme, nem ölçer

Devices Used in Measurement of Moisture Values in Wooden Elements and a New Device Proposal

Abstract

The relationship of wooden elements with humidity is of economic and technical importance. This is because the important structural behaviour of timber elements, especially their processing properties and mechanical behaviour, changes with the change in moisture content. The determination of the amount of moisture in a wood material is now carried out with electric moisture meters in addition to the drying methods used in the past. This type of devices used in wood moisture measurement are generally imported from abroad, but they have only limited features due to their physical and technical structure deficiencies. In addition, they have high costs as they are purchased from abroad in foreign currency. It has been preferred to install the moisture measurement in wood on the Arduino system, which is frequently preferred in automation system designs and is also suitable for the production of economic solutions. The moisture measurement values obtained from different types of woods with the device we have created are compared with the moisture measurement values of the devices available in the market and shown on graphs

Keywords: Arduino, wood, moisture, measuring moisture, moisture meter

1. Giriş

Ahşap elemanlarda nem miktarının tespiti önemli bir husus olmasının yanında, genelde zor ve zahmetli bir yöntem olan kurutma metodu ile yapılmaktadır. Kurutma yönteminin en büyük sorunlarından biri, nem miktarını hesaplamasının birkaç gün süre almasıdır. Özellikle bazı ahşap türlerinde kurutma işlemi esmasında, ısı etkisi ile ahşabın içerdiği sudan başka uçucu maddelerin de yok olması sebebi ile hatalı nem oranları tespit edilmektedir.

Yıllar öncesine dayanan ahşap elemanlarda nem oranını kurutma metodları ile belirlemenin yanında, artık günümüzde daha kolay ve hızlı bir yöntem olan elektrikli rutubet ölçerler ile nem oranı tespit edilmektedir. Yapı sektöründe sık kullanılan kerestede gibi ahşap yapı malzemelerinde genelde nem oranı direnç tipi elektrikli rutubet ölçerlerle yapılmaktadır. Direnç tipi elektrikli nem ölçüm cihazlarında, genel olarak ahşap yapı malzemesi içerisine saplanan metal elektrotların uçları arasındaki elektriksel direnç ölçülmektedir. Bu yöntem sayesinde ahşap yapı malzemelerinin farklı derinliklerindeki nem miktarının tespiti kolaylıkla belirlenmektedir.

Ahşap nem ölçümünde kullanılan bu tip cihazlar genel olarak yurt dışından ithal edilmekte ve yüksek maliyetli olmaktadır. Bu cihazlar, belirli aralıklarla ahşap numune üzerinden ölçüm değerlerini alıp, cihaz dışında pc veya dizüstü pc türü bir cihaza aktarabilme kabiliyetine sahip olmadıkları gibi, uzun süre defalarca ölçüm yapabilecek batarya sistemine de sahip değildir. Ayrıca probsuz veya kısa boyutlu problu olmaları gibi fiziki yapı eksikliklerinden dolayı sadece yüzeysel nem durumunu ölçebilmektedirler.

Ahşap elemanların yapısal davranışları konusunda çalışmalarımızda kullanmayı planladığımız ahşap nem ölçer cihazının tasarlanması ve üretimi ile ilgili yurdumuzda ve yurt dışında yapılan çalışmalarla ilgili literatür araştırmaları

yapılmış olup, benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmamızın amacı, önemli bir husus olan ahşapta nem ölçümünü yerli ve milli imkanlarla geliştireceğimiz bir cihazla gerçekleştirmek ve bu cihazı mümkün olduğu kadar gelişmiş özelliklere sahip etmektir.

1.1. Ahşap elemanlarda nem ölçümü

Ahşap elemanların nem ile ilişkileri ekonomik ve teknik açıdan önem arz etmektedir. Çünkü ahşap elemanlarda nem miktarı değişimi ile;

1. Ahşap hacminin değişmesi
2. Yükleme ve taşımada hem ağırlığın hem de maliyetin yükselmesi
3. Suda yüzme becerisi
4. Oluşacak mantarların ahşabı çürütme etkisine karşı gösterdiği direnç
5. Ahşabın özgül ağırlığın değişimi
6. Ahşabın mekanik özelliklerin değişimi
7. Malzemenin işlenme özelliklerinin değişimi
8. Ahşabın ısı değerinin değişimi
9. Ahşabın kurutulması
10. Ahşabın bükülme özellikleri değişir.

Ahşap elemanlarda nem kaybı ile; ahşap mobilyaların birleşme yerlerinde gevşemeler, dönme ve çukurlaşmalar, ahşap parkelerin aralarında açılmalar, pencere çerçeve köşelerinde ve özellikle kapı, pencere gibi ahşap doğramalarda çaplanmalar ve açılmalar meydana gelebilir. Ahşapta nem miktarının artmasıyla beraber, ahşap elemanlarda çürüme ve renk değişimine yol açan mantarlara karşı hassasiyet olumsuz yönde artar. Ayrıca bazı nem değerlerinde böceklerin sebep olduğu hasarlar görülür.

Yıllar öncesine dayanan ahşap elemanlarda kurutma yöntemleri dışında, artık günümüzde elektrikli rutubet ölçerler kullanılarak kereste, kaplama levha ve yongalarda rutubet tayini yapılmaktadır. Bu cihazlar çok kısa bir sürede kolay bir işlemlerle ahşap elemanlarda nem oranını tespit ettikleri için, endüstriyel amaçla sıklıkla kullanılmaktadır.

Ahşap sektöründe kullanılan diğer bir nem ölçüm cihazı da, kapasite rutubet ölçer tipi cihazlardır. Bu tip cihazlarda, ahşap elemanın içerdiği nem miktarı yanında ahşabın yoğunluğu da önemlidir. Dielektrik sabitesini ölçen bu tip elektrikli nem ölçer cihazlarda, iğne tipi elektrotlar yerine, temas tipi elektrotlar kullanılmaktadır (www.slideserve.com).

Ahşap nem ölçümünde kullanılan bu tip cihazlar genel olarak yurt dışından ithal edilmekte birlikte, ölçüm değerlerini cihaz dışında pc veya dizüstü türü bir cihaza aktarabilme ve probsuz veya kısa boyutlu problu olması gibi fiziki yapı eksikliklerinden dolayı sadece yüzeysel nem durumunu ölçebilme gibi kısıtlı özelliklere sahip olmaktadır. Ayrıca yurtdışından dövizle alındığı için yüksek maliyete sahiptirler.

1.2.Ahşap elemanların yapısal davranışlarına nem etkisi

Ahşap elemanların yapısal davranışlarına nemin etkisi konusunda yurdumuzda ve yurt dışında yapılan çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Öztürk (2005), çalışmasında özellikle ülkemizde yetişen sarıçam ağaçlarından yapı malzemesi olarak üretilen ahşap kirişlerin mekanik özelliklerini araştırmıştır. Yaptığı çalışmalar sonucunda, çevre üzerinde olumsuz etkisi olmayan, aynı zamanda günümüzde enerji verimi yüksek olan ve sürdürülebilir malzemelerin seçilmesinin önem arz ettiğini belirtmiştir. Bu bağlamda ahşap malzemenin sahip olduğu özellikler itibariyle alternatifi olmayan bir yapı malzemesi olduğu vurgulanmıştır.

Akyol (2008), özellikle ahşaptan imal edilen asma çatılarla ilgili çalışmasında, bu çatıları imkanlar dahilinde yapılabilecek geometrik şekillerine göre ve imalatta kullanılan malzemelere göre sınıflandırmalar yapmıştır. Ayrıca, asma çatı yapımında ahşap malzeme kullanımının önemini vurgulamasının yanında, ülkemizde ve dünyada uygulanmış ahşap asma çatı uygulamalarını da incelemek

suretiyle, bir asma çatının nasıl modern bir şekilde yorumlanacağını göstermiştir.

Samancı (2019), bu çalışmada ahşap duvarların farklı ahşap duvar katmanlaşma düzeni, ısı ve nemsel performansı için uygun malzeme seçimi ve özellikleri, ahşap duvarlarda ısı köprüsü ve meteorolojik verilerin seçimine bağlı olarak enerji korunumu ve etkinliğinin değerlendirilmesi ve binanın inşa edildikten sonraki kullanım sırasındaki performansı için nem ilişkisine bağlı olarak ısı ve nemsel performans durumları bilgisayar benzetim aracı kullanılarak incelenmiştir. Son yıllarda yapıyı giderek artan gerek modern gerekse tarihi yapıların restorasyonunda kullanılan ahşap iskeletli duvar ve çapraz tabakalı masif ahşap duvarların kullanım sırasında ve mevcut şartlar altında göstereceği higrotermal performansın benzetim aracı kullanarak hesaplanması amaçlanmıştır.

Obataya ve ark. (1997), çalışmalarında ladin ağacının (*Picea Sitchensis*) uzunlamasına yönde çeşitli nem içeriklerinde depolama modülü ve kayıp durumunu 20°C'de ölçmüş ve adsorbe edilen suyun etkisi, matris katkısını ortadan kaldırmak için tek eksenli bir reolojik model kullanarak araştırmışlardır. Değişken nem içeriğine sahip ahşabın dinamik özelliklerindeki değişiklikler, sadece matris yapısındaki değişiklikleri değil, aynı zamanda hacim fraksiyonlarındaki değişiklikleri de yansıtabilmektedir. Bununla birlikte, fibrillerin ahşabın uzunlamasına yönü boyunca uzandığı varsayımı, yüksek nem içeriklerinde ölçülenden çok daha büyük bir depolama modülü değeri öngörmüştür.

Chauhan ve Aggarwal (2003), çalışmalarının amacı, farklı nem emme durumları sırasında ahşaptaki enine boyutsal değişiklikleri ve buna karşılık gelen anizotropisiteyi anlamaktır. Fırında kurutulmuş farklı ahşap örnekleri adsorbe edildi ve ardından sabit sıcaklıkta (35°C) desorbe edildi. Teğetsel ve radyal boyut değişiklikleri (şişme), her iki sorpsiyon durumu sırasında bağıl nem ve nem içeriğine göre analiz edildi. Teğetsel

yöndeki boyutların, yüksek nemde radyal yöne göre nispeten daha büyük bir oranda değiştiği bulunmuştur.

Jiang ve ark. (2012), yaptıkları çalışmanın amacı, farklı nem emme durumları sırasında ahşapta titreşim özelliklerini ve buna karşılık gelen anizotropisiteyi araştırmaktır. Akçaağaç ve kırmızı meşe numuneleri, fırında kurutulmuş halden adsorpsiyon işlemi ile suya doymuş hale getirildi. Desorpsiyon işlemi ile de nemden arındırıldı. Çalışmalar sonucunda kararsız bir durumdaki ahşabın, denge durumundaki ahşaba göre daha düşük elastikiyet ve mukavemet ve daha yüksek sönümlenme özellikleri gösterdiğini göstermiştir.

Ishimaru ve ark. (2001), nemlendirme periyodu sırasında ahşabın mekanik özelliklerindeki değişiklikler üzerine çalışma yapmışlardır. Adsorpsiyon işlemi ile şartlandırılmış ahşabın elastikiyet modülü, nem içeriği hemen hemen hiç değişmediğinde, şartlandırmanın sonraki aşamalarında önemli artışlar göstermiştir. Bununla birlikte, desorpsiyon işlemiyle, nem içeriği büyük ölçüde azaldığında, koşullandırmanın erken aşamalarında artmasına rağmen, koşullandırmanın sonraki aşamalarında çok fazla artmamıştır. Ahşabın gerilme gevşemesi, hem adsorpsiyon hem de desorpsiyon işlemleri ile şartlandırma süresinin artmasıyla azalmıştır. Bu sonuçlar, mevcut nem durumunun gerçek bir denge durumundan farklı olmasının neden olduğu kararsız bir durumdaki ahşabın, gerçek bir denge durumundaki ahşaba göre daha düşük elastikiyet ve mukavemet ve daha yüksek akışkanlık gösterdiğini göstermektedir.

Kojiro ve ark. (2007), suyla şişmiş ahşabın dinamik viskoelastik özellikleri ve boyutları üzerindeki etkisi ile ilgili çalışma yapmışlardır. Suyla şişmiş ahşabın mekanik özellikleri, numunelerin sıcaklıkları 20°C ile 90°C arasında yükseltilirken viskoelastik özellikler ve boyutsal değişiklikler ölçülerek incelenmiştir. Suyla şişirilen ahşabın hem viskoelastik özellikleri hem de boyutsal değişimleri ilk

ısıtma işleminde diğer ısıtma işlemlerinden oldukça farklıdır. Soğutma yöntemleri, viskoelastik özellikleri büyük ölçüde etkilerken, sıcaklık yükseldiğinde boyutsal değişiklikleri pek etkilemedi. Suyla şişmiş ahşabın mikro yapılarındaki lokalize gerilim, ısıtma işlemindeki mekanik özellikleri etkilerken, bir soğutma setinin neden olduğu orantısız sınırın altındaki dış gerilimin hiçbir etkisi olmadığı görülmüştür.

Meriç (2019), ahşap yapı malzemelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine çalışmalar yapmak suretiyle, ahşap yapı malzemelerinin taşıyıcı sistemlere olan etkisini ortaya koymuştur. Yürürlükte olan standart ve yönetmeliklerden örnekler vermekle beraber, ahşap yapıların günümüzde kullanımına ve önemine değinmiştir.

Aytemiz (2021), çalışmasında geleneksel konutların bulunduğu Gazipaşa Mahallesi'nden seçilen bir binada araştırmalar yapmış, binadan alınan örnekten hazırlanan numunelerde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmış, binada kullanılmış olan ahşap malzemenin türü, yaşı, nem oranı, birim ağırlığı, eğilme ve basınç dayanımı ve elastisite modülü belirlenmiştir. Elde edilen veriler sonucunda binaların restorasyon ve onarım faaliyetleri ile ilgili öneriler sunulmuştur.

Çalışkan ve ark. (2019), ahşap elemanların önemli bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine çalışmada bulunmuş olup, ayrıca ahşap malzeme ile imal edilmiş yapıların ülkemiz ve dünyadaki durumunu incelemişlerdir. Genel olarak ahşap yapılar hakkında, Türkiye ve dünyada kullanılan standartlar ve yönetmelikler üzerine bilgi paylaşılmıştır.

Bilgin (2009), çalışmasında ahşabın özellikle dış cephelerde çok kullanılmakta olduğunu vurgulamıştır. Ahşap malzemenin çeşitli ahşap yapılar üzerinde yapı elemanı olarak hangi şekilde kullanıldığını, dış cephelerdeki görünümünü ve montajını incelemiştir. Ahşap yapı elemanlarının, yapılar için ne kadar önem arz ettiğinin

anlaşılmasında literatüre katkıda bulunmuştur.

Caştur (2021), çalışmasında, son yıllarda yapı mimarisinde kullanılmakta olan endüstriyel ahşap yapı elemanları üzerinden, dünyada yapılmış olan bazı karakteristik yapı örneklerini incelemek suretiyle, ahşap malzemenin yapısını ve yapı sistemlerini irdelenmiştir. Yapılan çalışmalarda incelenen örnek yapılarda, endüstriyel ahşap malzemelerden hangi türün ne miktarda kullanıldığı ve yapılarda nerelerde kullanıldığı belirtilmiştir.

Kolbay (2010), yaptığı çalışmasında, ahşap yapı malzemesiyle oluşturulacak çatı iskeletinin ne şekilde seçileceğini ve yapı malzemesi bileşenlerinin hangi etkenlere bağlı olarak detaylandırılacağını araştırmıştır. Yaptığı çalışmasında, geometri ve kesit belirlenmesi dışında kullanılması gereken malzeme seçimine kadar birçok konuyu irdelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda her tasarım etkeninin bileşenin farklı bir yönünü biçimlendirdiği saptanmıştır. Örneğin; statik etkenlerin bileşenin boyutsal değerlerini, yapı fiziği ile ilgili etkenlerin çatı performansını ve teknolojik etkenlerin de bileşenin yapılabirliğini belirlemede olduğu saptanmıştır.

Yaman (2015), çalışmasında göknar ve karaçam ağaç türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemek adına, Bolu iline bağlı Mudurnu yöresinde bulunan tarihi ahşap evler üzerinde çalışmalarda bulunup, aynı zamanda yapılarda kullanılan aynı türlere ait kontrol örnekleri ile karşılaştırmalar yapmıştır. Ahşap yapılarda kullanılan göknar ve karaçam numuneleri üzerinde yapılan fiziksel test çalışmaları sonucunda, kontrol amaçlı örneklerin rutubet ve su alma oranlarının, tarihi örneklerle göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yapılan mekanik testler sonucunda da, kontrol örneklerinin tarihi örneklerle nazaran daha yüksek mukavemet gösterdiği tespit edilmiştir.

Yücel (2008), ahşap yapı iskelet sistemlerini farklı yapı malzemeleriyle kaplamak suretiyle farklı kesitler

oluşturmuştur. Oluşturulan bu farklı ahşap yapı iskeleti kesitlerini ısı ve buhar geçişi açısından incelemiştir. Mevcut kesitler üzerinde bazı sistemsel hesaplamalar yapmış ve bunu grafiksellemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, ahşap iskelet sistemleri üzerine sağlam, güvenli ve ısı konfor şartlarının oluşturulabildiği yapısal sistemlerin oluşturulmasında katkı sağlanmıştır.

Korkmaz (2018), standart ve mikro boyutlu sapsız meşeden alınan ahşap numunelerinin bazı mekanik özellikleri üzerinde rutubetin etkisinin belirlenmesi üzerine çalışmalarda bulunmuştur. Mikro ve standart boyutlu numuneler ile yapılan çalışmalarda, numunelerin eğilmede oluşan elastikiyet modülleri, eğilme dirençleri, liflere paralel çekme ve liflere paralel basınç dirençleri değerleri ölçülmüştür. Mikro boyutlu örnekler üzerinde ayrıca, rutubetin etkisi de belirlenmiştir.

Tunca (2019), ahşap yapılarda su ve neme karşı doğru yöntem ve uygun malzemeler kullanarak bakım, onarım ve koruma uygulamalarının yapılması ve bu sayede geleneksel ahşap evlerin özgünlüğünün bozulmadan, günümüz modern yapılarının konfor koşullarının sunulması amaçlanmıştır. Ayrıca bu tür yapıların terk edilmek suretiyle yıkılmalarının önüne geçilmesi de göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda, geleneksel ahşap yapıların su ve rutubete karşı korunması için, yapı türüne uygun malzemeye, bu malzemeleri doğru uygulamaya, kalifiye iş gücüne gerek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu amaca uygun olarak, güncel yapı standartlarına ihtiyaç olduğu kadar, devlet, akademisyen ve kullanıcı üçlüsünün birlikteliğine de ihtiyaç olduğu kararlaştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Tasarlamayı planladığımız cihazın temelini, otomasyon sistemi tasarımlarında sıklıkla tercih edilen ve aynı zamanda ekonomik çözüm üretimine elverişli arduino uno sistem üzerine kurduk.

Öncelikle yapacağımız deney çalışmalarında kullanacağımız kavak, ceviz, meşe ve çam gibi farklı tür ahşap malzemelerin temini, yöremizde bulunan inşaat ve diğer sektörlere ahşap ve kereste temin eden firmalardan yapılmıştır. Oluşturulacak arduino sistemi için gerekli donanımlar, elektronik ürün satan firmalardan temin edilmiştir. Arduino sistemi ile yapılacak ölçümlerde elde edilecek değerlerin karşılaştırılması amacıyla, piyasada mevcut olan elektrikli ahşap nem ölçüm cihazı temin edilmiştir.

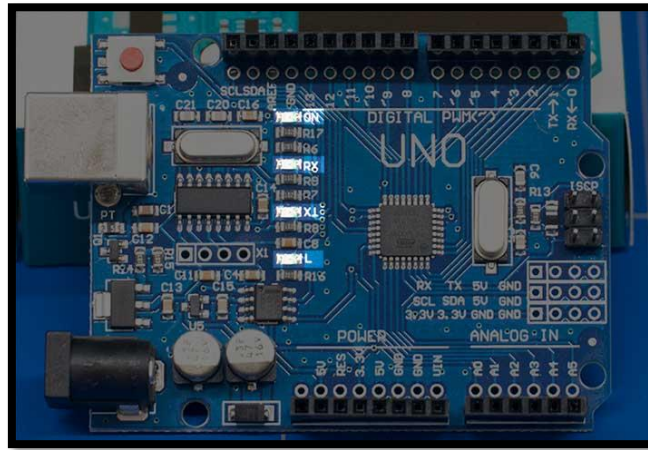
2.1. Arduino sistemler

Arduino en temel haliyle elektronik projeler için bir elektronik geliştirme kartıdır. Arduino'nun kendine ait bir yazılımı vardır. Bu yazılım sayesinde

uyumlu elektronik komponentler, sensörler ve modüller ile elektronik devreler kurulabilir, projeler geliştirilebilir ve prototipler üretilebilir.

Arduino, iletişimini üzerinde bulunan pinler aracılığı ile sağlıyor ve bu pinler ile kontrol edebileceğiniz çok sayıda sensör, motor, ekran ve modüller vardır. Bu pinlerin kontrollerini Arduino'nun USB girişi aracılığı ile atacağımız kodlar üzerinden yapıyoruz. Arduino'ya program yüklemek için Arduino IDE yazılımını kullanmak gerekir. Bu yazılımı Arduino'nun sitesinden indirebilirsiniz (www.arduino.cc).

Arduino'yu bilgisayarımıza bağlamak için USB kablosuna ihtiyaç duyarız, daha sonrasında ise IDE yazılımı aracılığı ile programlamaya başlayabiliriz.



Şekil 1. Arduino uno kartı

Veri gönderme yani çıkış ve veri alma yani giriş işlemleri pinler aracılığı ile yapılır. Veri göndermek istediğimiz pini çıkış olarak, veri almak istediğimiz pini ise giriş olarak ayarlamamız gerekir. Arduino'da pinler üzerinden çıkış ve giriş yaparken analog ya da dijital sinyalleri kullanırız. Dijital sinyaller Evet ve Hayır mantığı ile çalışır. LOW komutu Hayır, HIGH komutu ise Evet'i temsil eder. Elektronik olarak ise LOW komutu arduinoya 0V, HIGH komutu 5V gönderir. Analog sinyaller ise 0 ve 5V arasında herhangi bir değerde olabilir. Fakat Arduino

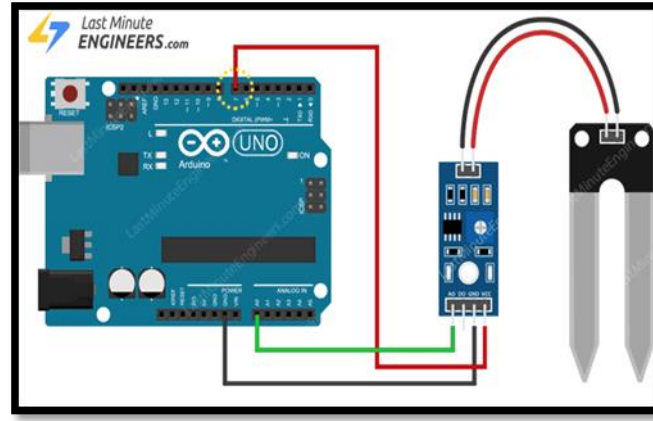
üzerinden direkt olarak analog sinyal alınmadığı için analog sinyali taklit eden dijital sinyaller kullanılır. Bu sinyallere PWM yani Pulse Width Modulation ismi verilir. Arduino'nun tüm pinleri analog sinyal yani PWM uyumlu değildir. PWM sadece analog uyumlu olan 3,5,6,9,10 ve 11 numaralı pinler üzerinden çalışır (www.blog.direnc.net).

2.2. Arduino düzeneği ile ahşap nemini ölçme

Ahşap elemanlarda nem durumu ile neme karşı gösterilen direnç ters orantılıdır.

Ahşap malzemedeki yüksek nem içeriği daha iyi iletkenlik anlamına gelir ve bu durumda yüksek neme sahip ahşap numune daha düşük bir direnç gösterir. Ahşap üründe bulunan düşük nem durumu da, malzemenin zayıf iletkenlik göstereceği yani yüksek dirence sahip olması anlamına gelir. Nem sensörü, ahşap malzemenin göstereceği direnç değerine göre bir çıkış voltajı üretir. Piyasada mevcut bir nem

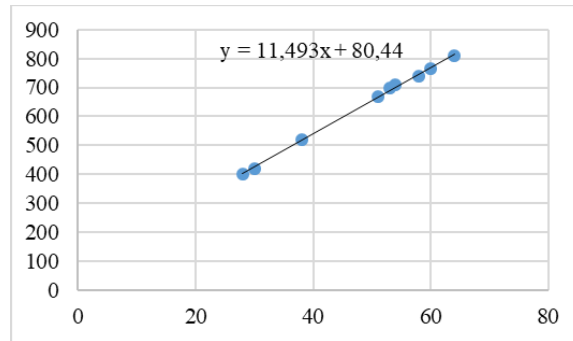
algılama sensörünün iki bileşeni vardır. Bunlardan; Prob bileşeni, sensörün ahşap nemini ölçmek için ahşaba batırılan iki iletken metal şeklinde parçadan oluşur. Modül bileşeni ise, probu Arduino'ya bağlayan elektronik karttır ve probun direncine göre bir çıkış voltajı üretir. Üretilen bu değerler analog çıkış (AO) veya dijital çıkış (DO) pini üzerinden Arduinoya iletilir.



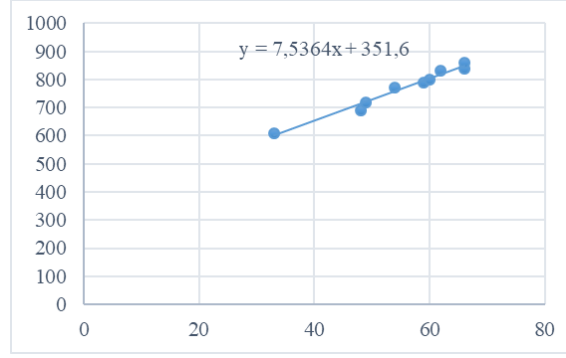
Şekil 2. Arduino nem sensörü bağlantı şeması

Temin edilen donanımlar kullanılarak Arduino ile ahşap nem ölçümü yapılabilecek donanımsal sistem oluşturulmuştur. Hazırlanan Arduino donanımsal sistemi ile ahşap nem ölçüm değerlerinin analog şekilde elde edilebileceği, probumuzdan gelen analog verileri 1000 mikrosaniye (1sn) ara ile ölçüp Arduino programı ekranına aktaracak ölçümü yapacak yazılım hazırlanmıştır. Aynı şartlar altında ve aynı ortamda,

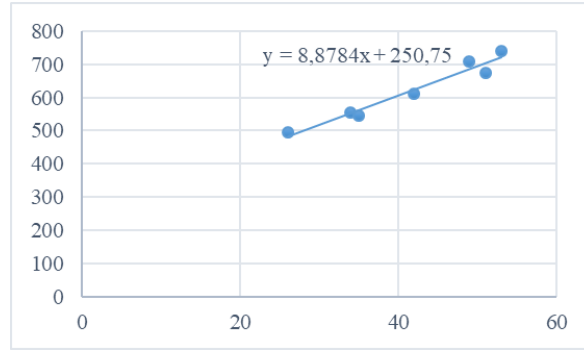
oluşturduğumuz Arduino sistemine ait ve piyasadan temin ettiğimiz ahşap nem ölçer cihazı ahşap nem ölçüm değerleri, excel üzerinde tablolaştırılarak grafikselleştirilmiş ve bu grafik üzerindeki noktalardan geçen en uygun doğru denklemine göre Arduino sistemi ölçüm sonuçları ile ahşap nem ölçer cihazı ölçüm sonuçları kalibre edilmiştir. Bu çalışma farklı ahşap türleri için ayrı ayrı tekrarlanmıştır.



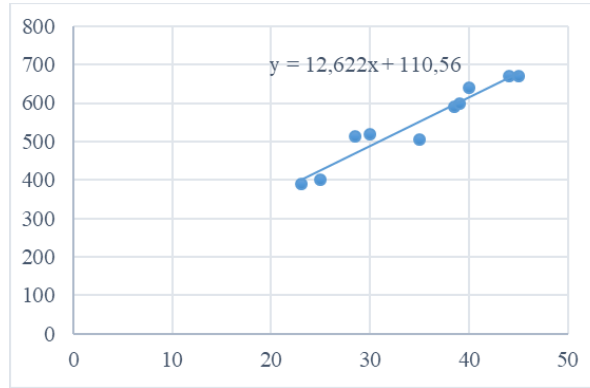
Şekil 3. Çam numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 4. Kavak numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 5. Meşe numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 6. Ceviz numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği

Excel programı kullanılarak ahşap nem ölçüm cihazı ve Arduino ahşap nem ölçüm sistemi arası karşılaştırmalı nem ölçüm değerlerine göre bulunan kalibrasyon denklemi farklı ahşap türleri için ayrı ayrı arduino yazılımına entegre edildi.

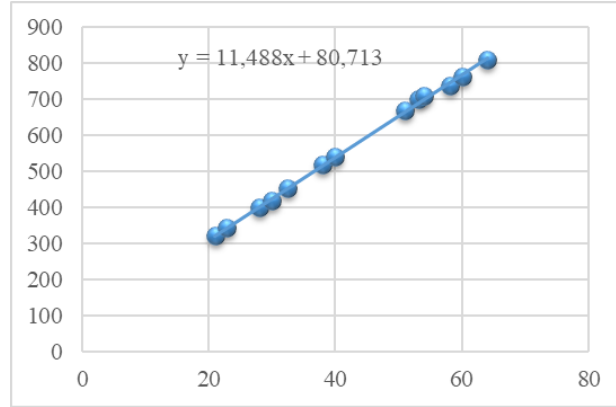
Program kalibrasyon entegre işlemi devamında Arduino ahşap nem ölçüm sistemimiz donanımsal olarak da güncellenip sisteme buton eklenerek her basıldığında sistem mod değiştirip farklı ahşap türüne göre nem ölçüm yapacak duruma güncellendi.

Farklı ahşap numuneler üzerinde, güncellenen Arduino ahşap nem ölçüm sistemi kullanarak ölçümler yapıldı. Ahşap nem ölçme cihazı ile Arduino ahşap nem ölçüm sistemi ölçüm değerleri arasında yüzde doksan gibi yüksek bir uyumluluk olduğu tespit edildi.

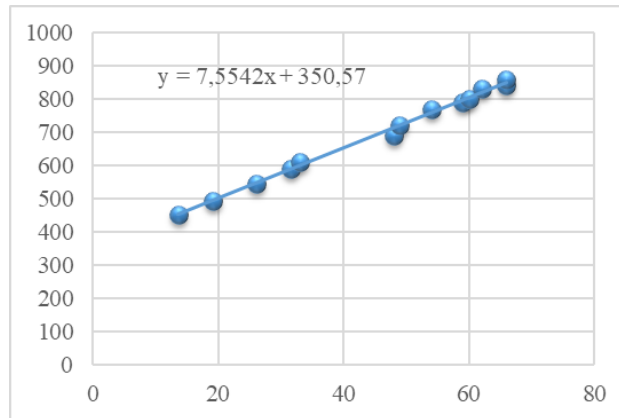
Ahşap nem ölçüm cihazı ile kendi ürettiğimiz Arduino ahşap nem ölçüm sistemi arası kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra, Arduino sistemi ile yaptığımız ölçüm sonuçlarını sdcart kullanarak kayıt etmeye yönelik sistemi

yazılımsal ve donanımsal güncelleme çalışmaları yapıldı. Arduino ahşap nem ölçüm sistemine led eklenerek cihaz sdkart'a kayıt yaparken ledin yanarak bize sistemin kayıt modunda olduğunu bildirmesi sağlandı. Arduino ile oluşturduğumuz ahşap nem ölçer cihazında pc ekranından bağımsız ölçüm sonuçlarını lcd ekrandan görebilmek için, sisteme 2*16 lcd panel ekran eklenmiş ve cihaz donanımsal ve yazılımsal olarak geliştirilmiştir. Tasarladığımız Arduino sistemi ile yaptığımız ölçüm sonuçlarının hangi tarih ve saatte yapıldığını kaydedebilmek için, sistem donanım ve yazılımsal olarak geliştirilerek Arduino sisteme DS3231 gerçek zamanlı hassas saat modülü entegre edilmiştir. Oluşturulan Arduino ahşap nem ölçüm sistemi için gerekli enerjinin bilgisayardan bağımsız şekilde elde edilebileceği şekilde, sistemde donanımsal olarak geliştirme yapılarak

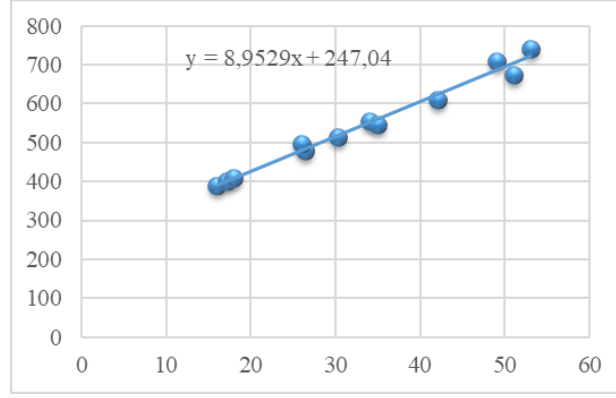
sistemin enerjisi powerbank'tan alması sağlanmıştır. Oluşturulan Arduino ahşap nem ölçüm sistemini dağınık düzenden daha derli toplu ve kullanışlı hale getirme amaçlı, oluşturduğumuz Arduino nem ölçüm sistemini muhafaza edecek kutu tasarlanmış ve Arduino sistem tüm sensör ve modülleri ile birlikte kutu içerisine entegre edilmiştir. Tasarlayıp oluşturduğumuz Arduino ahşap nem ölçüm cihazı ölçüm sonuçlarının sağlıklı olma durumunu daha detaylı kontrol etmek adına piyasada kullanılan farklı bir ahşap nem ölçüm cihazı temin edilmiştir. Temin edilen cihazın ölçüm sonuçları ile ilk aldığımız ahşap nem ölçüm cihazı ve kendi oluşturduğumuz Arduino ahşap nem ölçüm cihazı ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda tüm sonuçların birbiri ile yüksek oranda uyumlu olduğu görülmüştür.



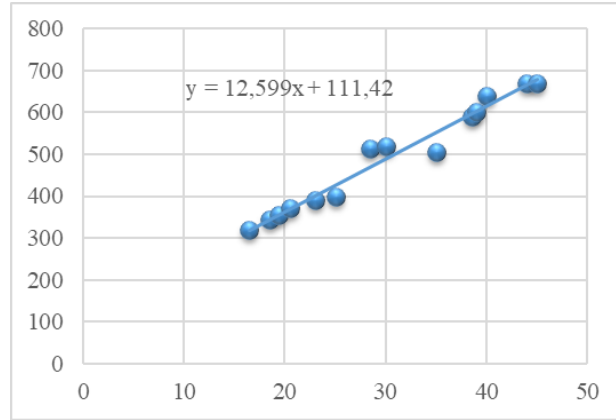
Şekil 7. Çam numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 8. Kavak numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 9. Meşe numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği



Şekil 10. Ceviz numuneye ait nem ölçer kalibrasyon grafiği

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı tür ahşap numuneleri üzerinde, kendi imkanlarımızla Arduino sistemi tabanlı oluşturduğumuz nem ölçer cihazı ile

piyasadan temin ettiğimiz iki farklı marka ve model nem ölçer cihazlarını kullanarak yaptığımız nem ölçüm çalışmalarına ait sonuçlar aşağıda ayrı ayrı tablolarda verilmiştir.

Tablo 1. Çam numunelere ait nem ölçüm değerleri

	Arduino nem ölçer (%)	Nem ölçer 1(%)	Nem ölçer 2 (max%40)
Çam	322	21	19,5
	343	22,8	19,8
	400	28	26,2
	420	30	27,6
	454	32,5	31,6
	520	38	33,4
	540	40	35
	670	51	-
	700	53	-
	710	54	-
	740	58	-
	765	60	-
810	64	-	

Tablo 2. Kavak numunelere ait nem ölçüm değerleri

	Arduino nem ölçer (%)	Nem ölçer 1(%)	Nem ölçer 2 (max%30)
Kavak	454	13,6	9,7
	495	19,2	19
	545	26	24,3
	590	31,5	29,8
	610	33	-
	690	48	-
	720	49	-
	770	54	-
	790	59	-
	800	60	-
	830	62	-
	840	66	-
860	66	-	

Tablo 3. Meşe numunelere ait nem ölçüm değerleri

	Arduino nem ölçer (%)	Nem ölçer 1(%)	Nem ölçer 2 (max%30)
Meşe	390	16	12
	400	17,1	12,8
	410	18	15,5
	480	26,4	25,4
	515	30,2	27,8
	495	26	-
	555	34	-
	545	35	-
	610	42	-
	710	49	-
	675	51	-
	740	53	-

Tablo 4. Ceviz numunelere ait nem ölçüm değerleri

	Arduino nem ölçer (%)	Nem ölçer 1(%)	Nem ölçer 2 (max%25)
Ceviz	320	16,5	14,5
	345	18,5	18,2
	355	19,4	19
	370	20,5	20
	390	23	-
	400	25	-
	513	28,5	-
	520	30	-
	505	35	-
	590	38,5	-
	600	39	-
	640	40	-
	670	44	-

Yapılan nem ölçüm karşılaştırma çalışmalarına göre, tüm sonuçların birbiri ile yüksek oranda uyumlu olduğu görülmüştür.

4. Sonuçlar

Ülkemizde ahşap yapı malzemelerinin nem ölçümünde kullanılan problemler arası elektriksel direnç farkı mantığı ile çalışan ithal nem ölçer cihazlar ile, kendi

imkanlarımızla oluşturduğumuz Arduino tabanlı nem ölçüm cihazı ölçüm değerleri arasında göz ardı edilemeyecek büyüklükte bir fark olmadığı görülmüştür.

Arduino otomasyon sistemi ile oluşturulan ahşap nem ölçüm cihazı imkanlar dahilinde çok fonksiyonel ve kullanışlı hale getirilmiştir. Arduino otomasyon sistemi kullanarak oluşturduğumuz nem ölçüm cihazı ile farklı ahşap türlerinin içerdiği nem oranlarını tespit etme çalışmaları çok olumlu ve verimli sonuçlar vermiş olup, mevcut imkanlar ile piyasada bulunan pahalı cihazlardan çok daha işlevsel ve düşük maliyetli ürünler üretilebileceği gösterilmiştir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Akyol, S., 2008. Ahşap asma çatıların geometrik olanaklar ve malzeme kullanımı açısından sınıflandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Anonim, 2024. Ahşap Malzeme Bilgisi, (<http://www.slideserve.com/freja/ah-ap-malzeme-b-lg-s-b-l-m-z>), (Erişim tarihi:01.06.2024)
- Anonim, 2024. Arduino Nedir? Ne İşe Yarar? Nasıl Kurulur? Arduino Dersleri#1, (<http://www.blog.direnc.net/arduino-nedir-ne-ise-yarar-arduino-dersleri>), (Erişim tarihi: 10.06.2024)
- Aytemiz, Ö., 2021. Kahramanmaraş yapılarında ahşap kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

- Bilgin, H., 2009. Ahşap yapıların tarihsel süreç içindeki gelişimi ve günümüzde ahşap yapı kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çaştur, Ş., 2021. Günümüz mimarisinde kullanılan endüstriyel ahşap yapı elemanları ve yapı örneklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Chauhan, S., Aggarwal, P., 2003. Effect of moisture sorption state on transverse dimensional changes in wood, *Originalarbeiten - Originals, Holz als Roh- und Werkstoff*, 62:50–55.
- Çalışkan, Ö., Meriç, E., Yüncüler, M., 2019. Ahşap ve ahşap yapıların dünü, bugünü ve yarını, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1): 109-118.
- Ishimaru, Y., Oshima, K., Lida, I., 2000. Changes in the mechanical properties of wood during a period of moisture conditioning, *Journal Wood Science*, 47:254-261.
- Lu, J., Jiang, J., Wu, Y., Li, X., Cai, Z., 2012. Effect of moisture sorption state on vibrational properties of wood. *Forest Products Journal*, 62(3): 171-176.
- Kojiro, K., Furuta, Y., ve Ishimaru, Y., 2008. Influence of histories on dynamic viscoelastic properties and dimensions of water-swollen wood, *Original Article, J. Wood Science* (2008) 54:537–99.
- Kolbay, D., 2010. Çatılarda ahşap strüktür bileşenlerinin tasarım etkenleri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Korkmaz, O., 2018. Mikro boyutlu örneklerde meşe odununun bazı mekanik özellikleri üzerine rutubetin etkisinin belirlenmesi ve standart boyutlu örneklerle karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.

- Meriç, E., 2019. Ahşap bir yapının TS 647 ve Eurocode 5' e göre analizi ve karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.
- Miguel, Y., Jose Manuel, C., 2021. Experimental analysis of plug shear failure in timber connections with small diameter fasteners loaded parallel-to-grain, *Engineering Structures*, 238:111766.
- Muratoğlu, A., 2011. Restorasyonda ahşap yapı elemanlarının karbon fiber takviyeli polimerler (CFRP) ile güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Obataya, E., Norimoto, M., Grill, J., 1997. The effects of adsorbed water on dynamic mechanical properties of wood, *Elsevier Science*, S0032-3861(97)10040-4.
- Onat, M., 2007. Ahşap kafes kiriş sistemlerinde kullanılan metal plaka birleştiricilerin mühendislik tasarımı ve birleştirmelerin kararlılıklarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Öztürk, R., 2005. Türkiye'de yetişen sarıçamdan üretilen lamine ahşap kirişlerin mekanik özelliklerinin araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Richard, N., Philip, C., Tuan Duc, N., 2021. Investigation of rolling shear properties of cross-laminated timber (CLT) and comparison of experimental approaches, *Construction and Building Materials*, 316(8):125897.
- Samancı, B., 2019. Ahşap dış duvarların İstanbul'daki uygulamalar üzerinden incelenmesi, ısı ve nemsel performansın benzetim ile değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Saydamer, A., 2014. Türkiye'deki geleneksel ahşap yapılarda kullanılan taşıyıcı sistemlerin irdelenmesi ve Bursa örneği, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Tunca, M., 2019. Geleneksel ahşap evlerde su ve nem kaynaklı bozulmalar üzerine bir araştırma: Taraklı örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Yaman, C., 2015. Mudurnu yöresindeki tarihi ahşap evlerde kullanılan göknar ve karaçam ağaç türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Yücel, M., 2008. Ahşap iskelet yapı sisteminin ısı ve buhar geçişi açısından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Atf Şekli: Toprakcı, M.E., Ural, A., 2024. Ahşap Elemanlarda Nem Değerlerinin Ölçümünde Kullanılan Cihazlar ve Yeni Bir Cihaz Önerisi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1146–1158.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14381412>.

To Cite: Toprakcı, M.E., Ural, A., 2024. Devices Used in Measurement of Moisture Values in Wooden Elements and a New Device Proposal. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1146–1158.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14381412>.
