



## Geri Seken Malzeme İle Üretilmiş Parke Taşlarının Çekme Dayanımlarının Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi

Melda Alkan ÇAKIROĞLU\*<sup>1</sup>, Ozan ÇİMEN

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 32200, Isparta

(Alınış Tarihi: 12.03.2015, Kabul Tarihi: 02.06.2015)

### Anahtar Kelimeler

Kuru Karışım  
Püskürtme Beton,  
Parke Taşı,  
Çekme Dayanımı,  
Yapay Sinir Ağları.

**Özet:** Günümüz bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak gelişen sayısal yöntemler, deney sonuçlarının tahmininde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan biri de yapay zeka yöntemlerinden yapay sinir ağlarıdır. Bu çalışmada, geri seken malzeme ile üretilen parke taşlarının çekme dayanımı değerlerini YSA yöntemi ile tahmin edebilmek için bir model geliştirilmiştir. Çalışmada, parke taşlarının çekme dayanımlarının belirlenebilmesi için püskürtme beton uygulaması esnasında geri seken malzeme kullanılarak 29 adet parke taşı numunesi üretilmiştir. Üretilen parke taşı numunelerine aşınma deneyleri yapılmıştır. Çekme dayanımı değerlerini tahmin edebilmek için geliştirilen YSA modelinin performansı, korelasyon katsayısı ve ortalama mutlak hata değerlerine göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, geliştirilen YSA modelinin performansı değerlendirildiğinde, YSA yaklaşımının parke taşlarının çekme dayanımında kullanılabileceği görülmüştür.

## Prediction of Tensile Strength of Paving Stone Produced by Rebound Materials Using Artificial Neural Network Method

### Keywords

Dry Mix Shotcrete,  
Paving Stone,  
Tensile Strength,  
Artificial Neural Networks.

**Abstract:** In today numerical methods developing parallel with the development of computer technology widely used in the estimation of test results. One these methods Artificial Neural Networks (ANN), which is a sub-branch of artificial intelligence method. In this study, tensile strength values of paving stone produced by rebound material was developed a model to predict using ANN. In study, 29 unit paving stone samples were produced using the rebound material during shotcrete applications in order to determine the tensile strength of the paving stone. On the produced paving stone samples were made abrasion resistance tests. The performance of the developed ANN model to predict the values of tensile strength was evaluated by the correlation coefficient and average absolute error values. As a result, when evaluating the performance of the ANN model developed, has been shown usable in the tensile strength of the paving stones of ANN approach.

### 1. Giriş

Püskürtme beton çimento, su ve agrega karışımından oluşan harcın, hava basıncıyla yüksek hızla önceden hazırlanan yüzeye püskürtülmesiyle elde edilen beton olarak tanımlanmaktadır. Püskürtme beton uygulanma yöntemine göre kuru veya yaş olarak üretilmektedir. Kuru karışımda agrega ve çimento uygun ölçülerde karıştırıldıktan sonra, karışım basınçlı hava yardımıyla hortumdan püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme ucuna gelen bu kuru karışıma operatör basınçlı su ekleyerek elde edilen betonu basınçlı hava yardımıyla uygulanacak yüzeye püskürtür. Yaş yöntemde ise agrega ve çimento

karışımına su da ilave edilerek meydana gelen harc yine hortum içinde basınçlı hava sayesinde püskürtme ucuna iletilir. Püskürtme ucuna gelen bu karışım hava basıncı sayesinde yüksek hızla uygulama yüzeyine püskürtülür (Çakıroğlu vd., 2009).

Püskürtme beton uygulamasındaki en önemli sorun püskürtülen beton karışımının yüzeye ya da önceden püskürtülen tabakaya yapışmadan geri tepmesi veya püskürtüldüğü anda yapışan betonun daha sonra kendini tutamayıp dökülmesidir. Püskürtme betonda geri tepme miktarı karışım tasarımına (çimento, agregalar, mineral ve kimyasal katkıları, su-çimento

\* İlgili yazar: [meldaalkan@sdu.edu.tr](mailto:meldaalkan@sdu.edu.tr)

oranı ve karışımın yapışma kapasitesi), uygulama tekniğine (iletim ekipmanları, hortum ucundan püskürtme hızı, hortum çapı) ve şantiye şartlarına (uygulayıcı elemanın deneyimi, uygulanan yüzeyin tipi, tabaka kalınlığı, ortam sıcaklığı, vs.) bağlıdır. Lifli püskürtme betonlarda liflerin yüzeyden sekmesi veya dökülmesi oranının karışımın agrega/çimentolu malzeme oranıyla arttığı belirlenmiştir. Püskürtme betonlarda polipropilen liflerin çelik liflere oranla daha az geri tepme yaptığı da gözlenmiştir (Özturan, 2013).

YSA, insan beyninin çalışma sisteminin yapay olarak benzetimi çabalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. En genel anlamda YSA insan beynindeki birçok nöronun (sinir hücrelerinin) ya da yapay olarak basit işlemcilerin birbirlerine değişik etki seviyeleri ile bağlanması sonucu oluşan karmaşık bir sistem olarak düşünülebilir. Mühendislik uygulamalarında YSA'nın geniş çaplı kullanımının en önemli nedeni, klasik tekniklerle çözümü zor problemler için etkin bir alternatif oluşturmasıdır. Çünkü bilgisayarlar insanın beyinsel yeteneğinin en zayıf olduğu çarpma, bölme gibi matematiksel ve algoritmik hesaplama işlemlerinde hız ve doğruluk açısından yüzlerce kat başarılı olmalarına rağmen insan beyninin öğrenme ve tanıma gibi işlevlerini hala yeteri kadar gerçekleştirememektedir (Yıldız vd., 2011a.).

YSA'nın konvansiyonel yöntemlere oranla bir problemi, problemin kendi özelliğine ait bir takım matematiksel formüller kullanarak çözmek yerine problemi örnekler üzerinden öğrenmeleri, değişen şartlara uyumlu olabilmeleri ve gürültülü datalardan bir problemin özünü öğrenebilmeleri gibi avantajları nedeniyle özellikle mühendislik de çok geniş bir potansiyel uygulama alanına sahiptir (Yıldız vd., 2011b).

Birçok araştırmacı, malzeme ve yapı alanında, betonun mekanik özelliklerinin (Albayrak vd., (2013); Topçu vd., (2010); Yaprak ve Karacı (2009); Bilim vd., (2009), Kewalramani ve Gupta, (2006); Lee ve Lee (2014)), geri dönüşümlü agregalar ile yapılan betonların mekanik özelliklerinin (Deshpande vd., (2014); Duan vd., (2013); Topçu ve Sarıdemir, (2008)), çatlak genişliğinin (Elshafey vd., (2013)), kompozit lifli (çelik ve polimerik) betonun yük-deplasman eğrisinin (Ashrafi vd., (2010)) tahmini için yapay sinir ağlarının (YSA) uygulanabilirliğini araştırmışlardır.

Çankaya vd. (2013) beton basınç dayanımını belirlemek için görüntü işleme ve YSA yöntemlerini birlikte kullanarak analitik bir model oluşturmuşlardır. Analitik modellemenin başarısını deneysel verilerle kıyaslamışlar ve uygun sonuçlar elde etmişlerdir. Parichatprecha ve Nimityongskul (2009) YSA yöntemini kullanarak yüksek performanslı betonun (HPC) durabilitesi üzerine, silis dumanı ve uçucu külün ikame edilmesinin etkisini

incelemişlerdir. YSA modelinin güvenilir ve doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bal ve Buyle-Bodin (2013) betonun rötre çatlaklarını tahmin etmek amacıyla YSA modelleri geliştirmişlerdir. Bu modelleri geliştirirken betonun rötre çatlaklarını etkileyen betonun yapım ve koruma parametrelerini ele almışlardır. Bu YSA modellerini B3, ACI 209, CEB ve GL2000 gibi modeller ile karşılaştırmışlardır. Bu karşılaştırmalar sonucunda, YSA yaklaşımının rötre safhasını hatasız bir şekilde açıkladığı görülmektedir.

Yadollahi, vd., (2011) agrega ve harcın elastisite modülünden betonun elastisite modülünü bulabilmek için YSA yöntemini kullanmışlardır. Deneysel çalışmalardan elde edilen veriler ile yapay sinir ağları ile elde edilen sonuçlar YSA yöntemi kullanılarak, agrega ve harcın özelliklerinden betonun elastisite modülünün hızlı ve iyi bir şekilde tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, YSA yönteminin geri seken malzeme ile üretilen parke taşlarının çekme dayanımlarının tahmininde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada parke taşlarından elde edilen aşınma kaybı değerleri ve birim hacim ağırlık değişkenlerine bağlı olarak çekme dayanımının tahmin edilebilmesi için bir YSA modeli geliştirilmiştir. Bu geliştirilen modelden elde edilen veriler, geri seken malzeme ile üretilen parke taşlarının deneysel verileriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

## 2. Deneysel Çalışma

Çalışmada TÜBİTAK 111M335 nolu "Düzlem Dışı Yüklenen Yığma Yapıların Polipropilen Lifli Kuru Karışım Püskürtme Betonla Güçlendirilmesi" isimli projede tuğla duvar numunelerin güçlendirilmesi amaçlı uygulanan kuru karışım püskürtme betonun uygulama esnasında geri seken malzemesi parke taşı üretiminde kullanılmıştır.

Geri seken malzemenin parke taşı üretiminde kullanılabilirliğini belirleyebilmek amacıyla standartlara uygun olarak her biri 5 gözlü olacak şekilde 2 adet beton parke taşı kalıbı üretilmiştir. Üretilen kalıplara geri seken malzeme doldurularak toplamda 29 adet beton parke taşı numunesi elde edilmiştir. Numunelerin birincisi yalın numune (9 adet), ikincisi 5 kg/m<sup>3</sup> polipropilen lifli (10 adet) ve üçüncüsü ise 9 kg/m<sup>3</sup> polipropilen lifli (10 adet) olacak şekilde serilere ayrılmıştır.

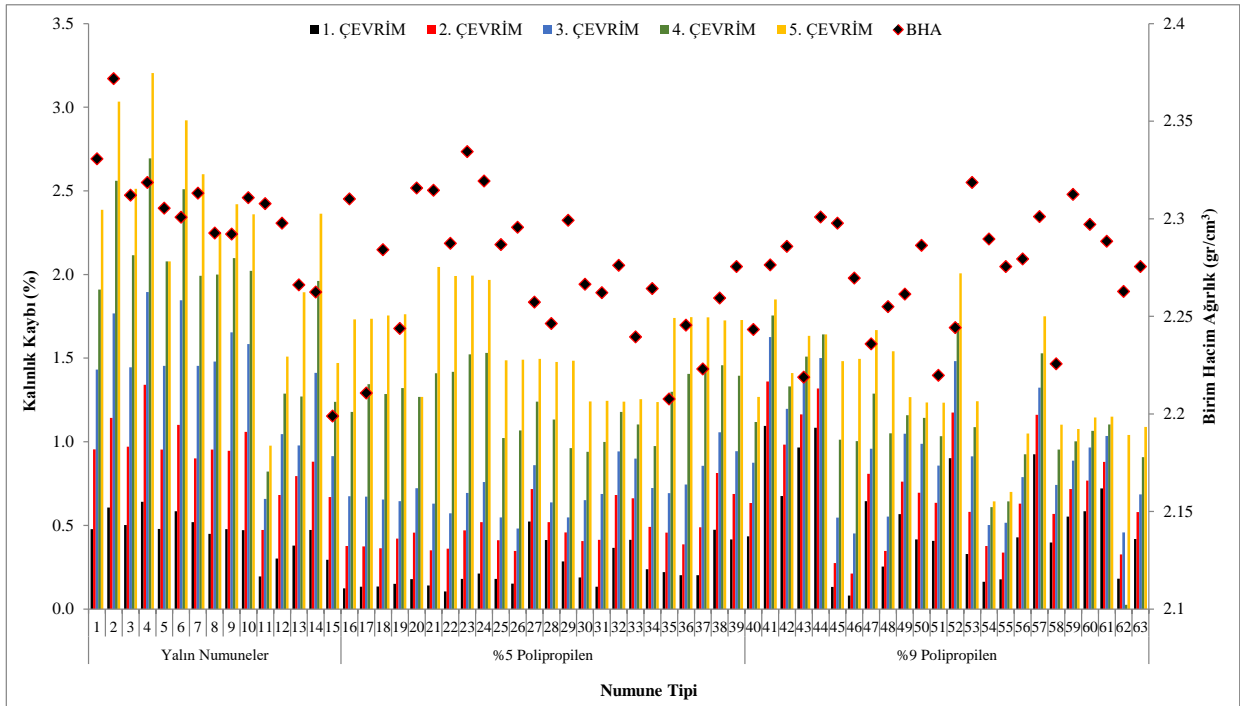
Birinci serideki numunelerin 4 adedi aşınma dayanımı, 5 adedi ise yarmada çekme dayanımı için, ikinci serideki numunelerin 5 adedi aşınma dayanımı, 5 adedi ise yarmada çekme dayanımı için, üçüncü ve son serideki numunelerde ikinci seride olduğu gibi, 5 adedi aşınma dayanımı, 5 adedi de yarmada çekme dayanımı deneylerinde kullanılmak üzere ayrılmıştır.

Aşınma deneyleri için ayrılan parke taşı numuneleri TS 2824 EN 1338 (2005)'e uygun olarak deneylere tabi tutulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Aşınma deney cihazı

Aşındırma deney aletine yerleştirilmek üzere numuneler beton kesme makinesinde tutucu plaka ölçülerine uygun olacak şekilde kesilmiştir. Deney öncesinde numunelerin her birinin ölçüleri hassas bir ölçüm aleti kullanılarak hesaplanmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Kesilip hazırlanan parke taşı numuneleri cihazın tutucu plakasına yerleştirilip tutucu ağırlık yüklenmiş ve deneye başlanmıştır. Her bir numunenin 4 farklı kenarı için 22 tam tur dönüşte 5 çevrim uygulanmıştır. Her çevrimden sonra disk yüzeyi ve temas eden yüzey temizlenmiştir. Geri seken malzeme ile üretilen parke taşı numunelerinin deneysel sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Yapılan çevrimler sonucunda göre yalın numunelerin aşınma kaybı değerleri polipropilen lifli numunelere göre daha fazla olmuş ve polipropilen lif miktarı arttıkça aşınma kaybı daha da azalmıştır.



Şekil 2. Üretilen numunelere ait girdi olarak kullanılan deneysel sonuçlar

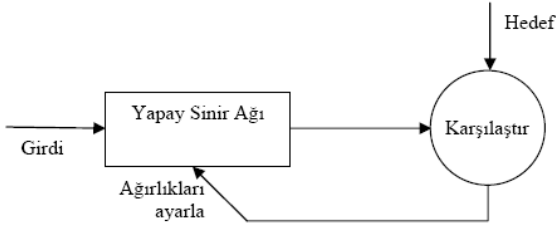
### 3. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. YSA günümüzde birçok probleme çözüm üretebilecek yeteneğe sahiptir (Morova ve Terzi, 2011). Beynin üstün özellikleri, bilim adamlarını üzerinde çalışmaya zorlamış ve beyin nörofiziksel yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Beynin bütün davranışlarını tam olarak modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir. Böylece YSA, yeni ve günümüz bilgisayarlarının algoritmik hesaplama yönteminden farklı bir bilim alanı olarak

ortaya çıkmıştır. YSA, yapısı, bilgi işleme yöntemindeki farklılık ve uygulama alanları nedeniyle çeşitli bilim dallarının da kapsam alanına girmektedir (Albayrak vd., 2013).

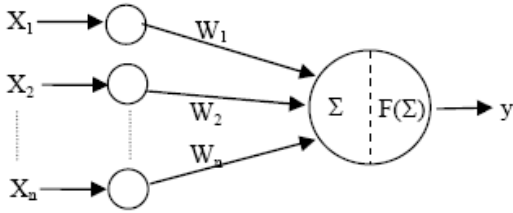
YSA, giriş ve çıkış veri kümelerini kullanarak sistem davranışını öğrenebilen esnek bir matematik modelleme yöntemidir. YSA herhangi bir problem hakkında girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiyi (doğrusal olsun veya olmasın), mevcut örneklerden genelleme yaparak daha önce hiç görülmemiş veya uygulanmamış olan örneklerle kabul edilebilir çözümler üretir. Öğrenme yeteneği, kolayca farklı problemlere uyarlanabilirliği, genelleme yapabilmesi, daha az bilgi gerektirmesi, paralel yapılarından dolayı hızlı çalışabilme yeteneği ve kolay bir şekilde uygulanabilmesi gibi pek çok avantajından dolayı yapay sinir ağları mühendisliğin pek çok alanında farklı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır.

Genellikle bir yapay sinir ağı girdi, gizli ve çıktı tabakaları olmak üzere üç birimden oluşmaktadır. Girdi ve çıktı tabakasında çözülecek problemdeki girdi ve çıktı sayısı kadar nöron bulunur. Gizli tabakadaki nöron sayısının belirli bir sistematiği bulunmamaktadır. Bu tabakadaki nöron sayısı deneme yanılma yolu ile belirlenir (Uygunoğlu ve Yurtçu, 2006). YSA'nın temel prensipleri Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Yapay sinir ağlarının temel prensipleri (Subaşı vd., 2009)

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi YSA'nın da yapay sinir hücreleri vardır. Yapay bir sinir hücresi Şekil 4'de görülmektedir. Her yapay sinir hücresi Şekil 4'den görüldüğü gibi girdiler ( $X_n$ ), ağırlıklar ( $W_n$ ), toplam fonksiyonu ( $\Sigma$ ), aktivasyon fonksiyonu  $F(\Sigma)$  ve çıktı ( $y$ ) olmak üzere beş ana kısımdan oluşur (Subaşı vd., 2009).



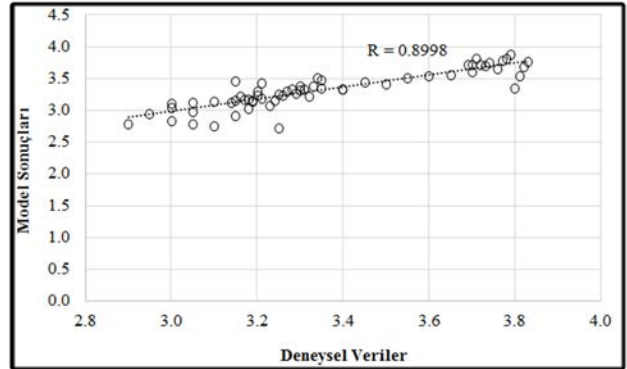
Şekil 4. Yapay bir sinir hücresi (Subaşı vd., 2009)

#### 4. Araştırma Bulguları

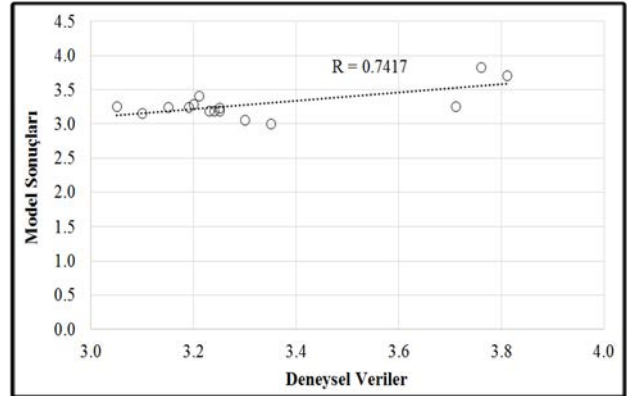
Bu çalışmada, kuru karışım püskürtme beton uygulaması esnasında geri seken malzeme ile üretilen 29 adet parke taşı üzerinde yapılan aşınma deneylerinden elde edilen değerler YSA modeli geliştirilmesinde kullanılmıştır. Bu modeller geliştirilirken toplam 78 deney veri seti olan birim hacim ağırlık (BHA) ve aşınma kaybı değerleri kullanılarak çekme dayanımı tahmin edilmiştir.

YSA modeli geliştirilirken, bu değerler  $X = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$  formülü ile boyutsuz hale getirilmiştir. Burada,  $X$ , boyutsuz değer,  $X_i$ , ölçümlerdeki  $i$ . değer,  $X_{\max}$  ve  $X_{\min}$  ölçümlerdeki maksimum ve minimum değerlerdir (Terzi ve Keskin, 2005). Bu çalışmada, girdi tabaka nöron sayısı 6 ve çıktı tabaka nöron sayısı 1 olarak alınmıştır. YSA'nın eğitilmesinde hatayı geriye yayılma algoritması kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak tanjant sigmoid ve logaritmik sigmoid fonksiyonları denemiştir ve en iyi sonucu veren modelde

aktivasyon fonksiyonu tanjant sigmoid olarak belirlenmiştir. Model geliştirilirken iterasyon sayısı 1000 ile sınırlandırılmıştır. Modelin eğitimi için 64 adet veri kullanılmıştır. Daha sonra geliştirilen modeller, geri kalan 14 veri ile test edilmiştir. Çekme dayanımının belirlenmesinde, geliştirilen YSA modelleri içerisinde en iyi sonucu 1 gizli tabaka ve 3 nörona sahip olan ağ modeli sağlamıştır. Modellerin performanslarının değerlendirilmesi için kullanılan korelasyon katsayısı ve ortalama mutlak hata (OMH) değerleri eğitim seti için sırasıyla, 0,90 ve 0,066 dır. Test setinde ise, R ve OMH değeri 0,74 ve 0,087 dir. Bu modelin eğitim ve test setlerine ait ilişkileri gösteren grafikler Şekil 5 ve 6'da verilmiştir. Şekil 5 ve 6'dan da görüldüğü üzere, model sonuçları deney sonuçları ile uyum içerisinde.



Şekil 5. Eğitim seti için çekme mukavemeti deney verileri ile model sonuçlarının ilişkisi



Şekil 6. Test seti için çekme mukavemeti deney verileri ile model sonuçlarının ilişkisi

#### 5. Sonuçlar

Püskürtme beton uygulaması esnasında, betonun ya da ilave edilen liflerin uygulama yüzeyine ve önceden püskürtülen tabakalara yapışmadan geri sekmesi bu yöntemin sorunlarından biridir. Geri seken bu malzeme beton karışımına karıştırılmayıp atık olarak nitelendirilmektedir. Çevreye olumsuz etkisinin azaltılması ve ekonomik açıdan kazanım sağlanabilmesi adına geri seken bu malzemenin geri dönüştürülerek tekrar kullanılabilir hale getirilmesi önemli bir konudur. Bu bakımdan, geri seken malzeme ile parke taşı üretilerek numuneler üzerinde BHA, aşınma değerleri ve yarmada çekme

deneyleri yapılmıştır. Elde edilen bu veriler YSA yöntemiyle çekme dayanımının tahmini için model geliştirilirken kullanılmıştır. YSA modeli geliştirilirken aşınma miktarları ve birim hacim ağırlık değerleri girdi olarak kullanılmıştır. Geliştirilen model deney verileri ile karşılaştırıldığında, eğitim ve test setleri için yüksek korelasyon katsayı değerleri elde edilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucunda geliştirilen model ile deney sonuçlarının yüksek oranda tahmin edilebildiği ve ayrıca geliştirilen model kullanılarak çekme dayanımının tahmin edilebileceği belirlenmiştir.

### Teşekkür

Bu çalışmayı 3531-YL1-13 No'lu Proje ile maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına (BAP) tüm içtenliğimizle teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

Albayrak, S., Çavdar, A., ve Bingöl, Ş., 2013. Beton Basınç Dayanımının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini, <http://e-arsiv.gumushane.edu.tr/xmlui/handle/123456789/245>, iseaia 2013, KKTC. Erişim Tarihi: 02.01.2015.

Ashrafi, H.R., Jalal, M. ve Garmsiri, K., 2010. Prediction of Load-Displacement Curve of Concrete Reinforced by Composite Fibers (Steel and Polymeric) Using Artificial Neural Network, Expert Systems with Applications 37 (2010), 7663-7668pp.

Bal, L. ve Buyle-Bodin, F., 2013. Artificial Neural Network for Predicting Drying Shrinkage of Concrete, Construction and Building Materials 38 (2013), 248-254pp.

Bilim, C., Atiş, C.D., Tanyıldızı, H., ve Karahan, O., 2009. Predicting The Compressive Strength of Ground Granulated Blast Furnace Slag Concrete Using Artificial Neural Network, Advances in Engineering Software 40 (2009), 334-340pp.

Çakıroğlu, M.A., Terzi, S., ve Çakıroğlu, M.G., 2009. Püskürtme Betonda Görülen Problemler, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Teknolojik Araştırmalar, (5)2, 43-49.

Çankaya, G., Arslan, H.M. ve Ceylan, M., 2013. Görüntü İşleme ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri İle Betonun Basınç Dayanımının Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi (1) 1s., ISSN: 2147-9364 (Elektronik).

Deshpande, N., Londhe, S., ve Kulkarni, S., 2014. Modeling Compressive Strength of Recycled Aggregate Concrete by Artificial Neural Network, Model Tree and Non-linear Regression, International

Journal of Sustainable Built Environment (2014) 3, 187-198pp.

Duan, Z.H., Kou, S.C., ve Poon, C.S., 2013. Using Artificial Neural Networks for Predicting The Elastic Modulus of Recycled Aggregate Concrete, Construction and Building Materials 44 (2013) 524-532pp.

Elshafey, A.A., Dawood, N., Marzouk, H., ve Haddara, M., 2013. Predicting of Crack Spacing for Concrete by Using Neural Networks, Engineering Failure Analysis 31 (2013) 344-359pp.

Kewalramani, M.A. ve Gupta, R., 2006. Concrete Compressive Strength Prediction Using Ultrasonic Pulse Velocity Through Artificial Neural Networks, Automation in Construction 15 (2006) 374 - 379pp.

Lee, S. ve Lee, C., 2014. Prediction of Shear Strength of FRP-Reinforced Concrete Flexural Members Without Stirrups Using Artificial Neural Networks, Engineering Structures 61 (2014) 99-112pp.

Morova, N. ve Terzi, S. 2011. NWSA, e-Journal of New World Sciences Academy 2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0170, ISSN : 1308-7231, 486-496s.

Özturan, T., 2013. Özel Betonlar, BETON 2013, Hazır Beton Kongresi Çağrılı Bildirileri, 21-23 Şubat 2013, İstanbul.

Parichatprecha, R. ve Nimityongskul, P., 2009. Analysis of Durability of High Performance Concrete Using Artificial Neural Networks, Construction and Building Materials 23 (2009) 910-917pp.

Subaşı, S., Beycioğlu, A., ve Emiroğlu, M., 2009. Beton Mekanik Özelliklerinin Taze Beton Özelliklerinden Yararlanılarak Yapay Sinir Ağları İle Tahmini, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, (22)3, 147-155 s.

Terzi, Ö., ve Keskin, M.E., 2005. Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı Kullanılarak Günlük Tava Buharlaşması Tahmini, Teknik Dergi, 16 (4), 3683-3693.

Topçu, B.İ., Uygunoğlu, T. ve İnce, H.H., 2010. Hafif Beton Basınç Dayanımının Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmini, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, (6)1, 19-29s., e-ISSN:1305-631X.

Topçu, İ.B. ve Sarıdemir, M., 2008. Prediction of Mechanical Properties of Recycled Aggregate Concretes Containing Silica Fume Using Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic, ScienceDirect, Computational Materials Science 42 (2008) 74-82pp.

TS 2824 EN 1338, 2005. Zemin Döşemesi için Beton Kaplama Blokları-Gerekli Şartlar ve Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TÜBİTAK 111M335, 2013. Düzlem Dışı Yüklenen Yiğma Yapıların Polipropilen Lifli Kuru Karışım Püskürtme Betonla Güçlendirilmesi, Proje No: 111M335, Proje Araştırmacıları: Çakıroğlu, A.M., Tekeli, H., ve İnce, G., Isparta.

Uygunoğlu, T., ve Yurtçu, Ş., 2006. Yapay Zeka Tekniklerinin İnşaat Mühendisliği Problemlerinde Kullanımı, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Teknolojik Araştırmalar, ISSN:1305-631X, (1), 61-70s.

Yaprak, H. ve Karacı, A., 2009. Polipropilen Lifli Betonların Yüksek Sıcaklık Sonrası Basınç Dayanımlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini, International Journal of Engineering Research and Development, (1) 2.

Yadollahi, M.M., Demirboğa, R., Polat, R., Karagöl, F. ve Kaygusuz, M.A., 2011. Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Betonun Elastik ve Kayma Modüllerinin Bulunması, I. Ulusal Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu, İzmir.

Yıldız, S., Bölükbaş, ve Y, Keleştemur, O., 2011a. Cam Elyaf Katkılı Betonların Yarmada Çekme Dayanımlarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, 50-54 s., Elazığ.

Yıldız, T., Yıldız, S., Keleştemur, O., Bölükbaş, Y., ve Demirel, B., 2011b. Yapay Sinir Ağları İle Atık Mermer Tozu ve Cam Lif Katkılı Betonların Yarmada Çekme Dayanımlarının Tahmini, e-Journal of New World Sciences Academy, ISSN:1306-3111, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0256, 1498-1508s.