

---

*Araştırma Makalesi / Research Article*

---

## **Polimer Katkılı Harçların Mekanik ve Elektriksel Özdirenç Özelliklerinin Araştırılması**

Kadir GÜÇLÜER\*

*Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Adıyaman  
(ORCID: 0000-0001-7617-198X)*

---

### **Öz**

Elektriksel özdirenç değerleri günümüz yapı malzemelerinin sürdürülebilir hale getirilmesinde yardımcı olabilecek veriler sağlayabilmektedir. Bu amaçla, bu çalışmada polimer katkı harçlarda mekanik ve elektriksel özdirenç değerleri araştırılmıştır. Polimer katkı toz halde olup harç üretiminde çimento ağırlığının % 0, 0,5, 1 ve 1,5 oranlarında ikame edilerek kullanılmıştır. Mekanik özellikleri belirleyebilmek amacıyla deney örnekleri 7 ve 28 gün boyunca laboratuvar ortamında kür edilmişler, ardından basınç ve eğilmede çekme deneylerine maruz bırakılmışlardır. Kür işlemi sonrasında deney örnekleri sabit 30V'luk gerilime maruz bırakılarak elektriksel özdirenç hesaplamaları yapılmıştır. Polimer katkı ile birlikte özdirenç değerlerinin arttığı, basınç ve eğilme dayanımlarının azaldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Polimer, çimento harcı, elektriksel özdirenç.

---

## **An Investigation of Mechanical and Electrical Resistivity Properties of Polymer Additive Mortars**

---

### **Abstract**

Electrical resistivity values can provide useful data that can help to make today's building materials sustainable. For this purpose, mechanical and electrical resistivity values of polymer added mortars were investigated in this study. Polymer additive is in powder form and it is used by replacing 0, 0.5, 1 and 1.5% of cement weight in mortar production. In order to determine the mechanical properties, the test specimens were cured in the laboratory for 7 and 28 days and then subjected to tensile and compressive strength tests. After curing process, electrical resistivity calculations were made by subjecting the test samples to a constant 30V voltage. It was determined that resistivity values increased, compressive and bending strength decreased with polymer additives.

**Keywords:** Polymer, cement mortar, electrical resistivity.

---

### **1. Giriş**

Çimento bağlayıcılı sistemde üretilen beton ve harç gibi malzemelerin durabilite özellikleri oldukça önemlidir. Özellikle soğuk iklimde sahip bölgelerde, taşıyıcı ya da koruyucu malzeme olarak tercih edilen harç ve betonların ekonomik hizmet ömürlerinin artırılması yapısal performans açısından avantaj oluşturabilir [1]. Yapı elemanlarını örten sıvaların performansı bugün olduğu gibi tarihte de önemli olmuştur. Tarihi yapıların geçmişten günümüze kadar ayakta kalması bu bilincin eskiden de var olduğunu göstermekte olup, yapıların performanslarının korunmasında harç içerisinde farklı katkıların kullanıldığı bilgisini doğrulamaktadır [2].

Elektriksel iletkenlik, madde içerisinde atomik boyutta yük taşıyan elemanlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Çimento bağlayıcılı sistemde üretilen beton ve harç gibi malzemeler yalıtkan özelliklere sahiptir [3].

Beton ve harç gibi malzemelerin iletkenlik özelliklerinin geliştirilmesi suretiyle özellikle soğuk bölgelerde gerçekleştirilen uygulamalarda beton ve harç içerisinden elektrik akımının geçirilerek

---

\*Sorumlu yazar: [kgucluer@adiyaman.edu.tr](mailto:kgucluer@adiyaman.edu.tr)

Geliş Tarihi: 17.12.2019, Kabul Tarihi: 08.04.2020

ısıtılması ve donma sonrası oluşacak deformasyonların önlenmesi, ayrıca korozif etkiye bağlı durabilite hasarlarının engellenmesi gerçekleştirilebilir [4-5]. Portland çimentosu ile üretilen harç ve betonlar son 170 yılda tüm dünyada yapı malzemeleri arasında oldukça popüler olmuştur. Oldukça gelişmiş özelliklerinin bulunması yanında dezavantajlı olduğu noktalarda mevcuttur. Polimer takviyeli harç ve beton uygulamaları son 70 yıldır sürekli gelişme göstermektedir. Polimer katkı harç ve beton uygulamalarının esas amacı, dezavantaj oluşturan özelliklerin modifiye edilmesi noktasında yoğunlaşmaktadır [6]. Beton ve harç uygulamalarında tercih edilen polimerler monomer ve kopolimer yapıda olup, etilen-vinil asetat, poliakrilik ester, toz polimer gibi polimerlerdir [7]. Polimer takviyeli harç ve beton elemanlar genellikle endüstriyel amaçlı kaplama ve tamir işlerinde, yapı onarımı ve güçlendirmelerinde, yer altı kazı ve tünel işlemleri ile spesifik uygulamalarda kullanılmaktadır [8]. Bu çalışmada, çimento ile ikame edilmek suretiyle üretilen polimer katkı harç örneklerinin elektriksel özdirenç ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada bağlayıcı olarak TS EN 197-1 [9] ile uyumlu CEM II 32,5 R kompoze çimento kullanılmıştır. Polimer Ankara merkezli bir ticari firmadan alınmış olup, beyaz renkte ve toz halde polimer kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çimentoya ait kimyasal bileşenler Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çimentoya ait kimyasal bileşenler

Bileşen (% Ağırlık)	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Çimento	19.2	62.8	3.88	4.25	3.42	0.34	2.1

Harç karışımlarının hazırlanmasında TS EN 196-1’e uygun [10] Rilem Cembureau Standart Kumu kullanılmıştır. Karışımlar şahit numunenin 28 günlük basınç dayanımı 25 MPa hedef alınarak oluşturulmuştur. Polimer, çimento ile %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında ikame edilerek kullanılmıştır. Harç numuneleri 40x40x160 mm boyutlarındaki prizmatik harç kalıplarına dökülerek masa tipi vibratör yardımı ile yerleştirilerek üretilmiştir. Üretilen harç numuneleri 24 saat boyunca laboratuvar ortamında kalıplarında bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda numuneler kalıplarından çıkartılıp ilgili deneylerin yapılacağı zamana kadar  $20 \pm 2$  °C sıcaklığa sahip su havuzlarında kür işlemine tabi tutulmuştur. Elektrik özdirenç ölçümleri ASTM C 1760 [11] standardına uygun olarak ölçülmüş ve formül (1), (2) ve (3) aracılığıyla örneklerin özdirenç ve iletkenlik değerleri hesaplanmıştır (Şekil 1). Özdirenç ölçümleri 3 adet 40x40x160 mm ölçülerine sahip harç numuneleri üzerinde uygulanmış ve elde edilen sonuçların ortalamaları alınmıştır. Basınç dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri 7 ve 28 gün kür süresine sahip numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Her bir seri için 3’er adet numune üretilmiş eğilme dayanımı sonuçları 3 numunenin ortalaması alınarak hesap edilmiştir. Eğilme dayanımı sonrası elde edilen numuneler üzerinde basınç dayanımı ölçümleri yapılarak sonuçların ortalaması alınmıştır.



**Şekil 1.** Elektriksel özdirenç ölçümü

$$\delta = R x \frac{S}{L}$$

(1)

$$p = \frac{1}{\delta} \quad (2)$$

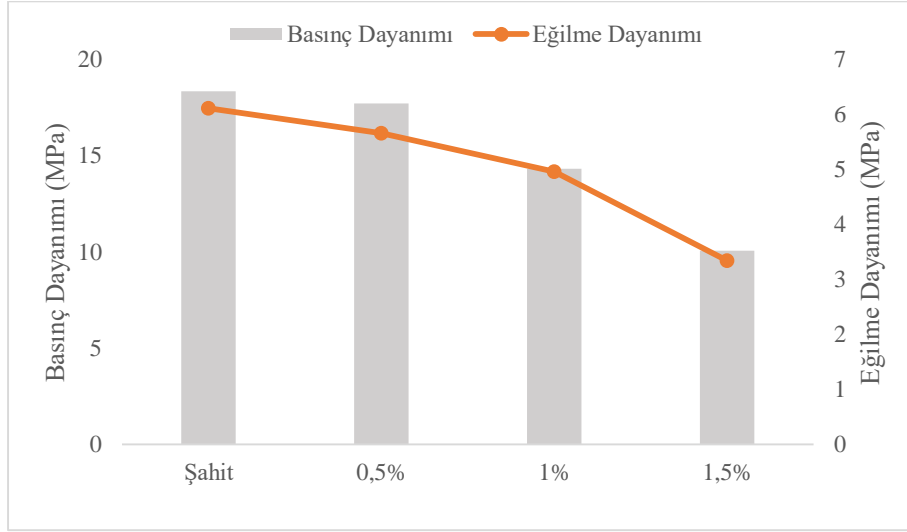
$$R = \frac{V}{I} \quad (3)$$

Denklemlerde; R 30 V'luk gerilimde ölçülen direnç (k $\Omega$ ), S iletken alan (cm<sup>2</sup>),  $\delta$  öz direnç (k $\Omega$ cm), I numune ölçüm uzunluğu (cm), I akım (mA) değerleridir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

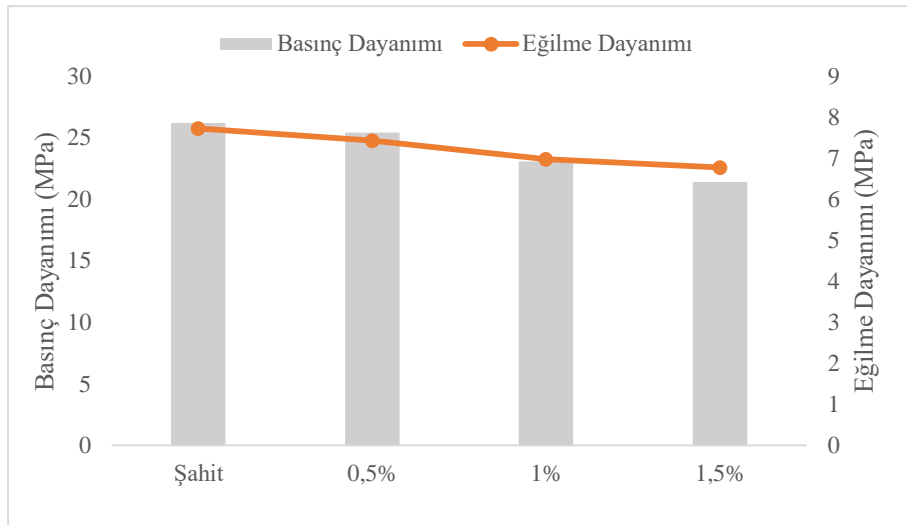
#### 3.1. Basınç ve Eğilme Dayanımı Bulguları

Polimer ikameli örnekler için 7 günlük basınç ve eğilme dayanımı sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Artan polimer katkı oranına bağlı olarak basınç ve eğilme dayanımı değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir.



Şekil 2. 7 günlük basınç ve eğilme dayanımı sonuçları

28 gün kür uygulaması gerçekleştirilmiş deney örneklerine ait basınç ve eğilme dayanımı bulguları Şekil 3'de verilmiştir. 7 günlük verilerle benzerlik gösteren dayanım bulgularında, polimer katkı oranının artışıyla birlikte basınç ve eğilme dayanımı değerlerinde azalma gerçekleştiği tespit edilmiştir.



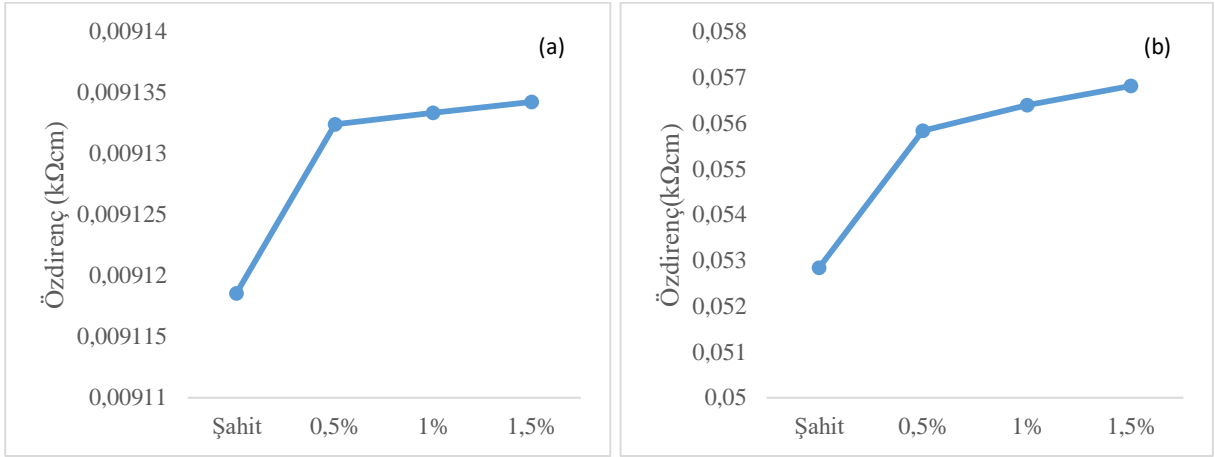
Şekil 3. 28 günlük basınç ve eğilme dayanımı sonuçları

Elde edilen basınç ve eğilme dayanımı sonuçları Yazıcı ve Sezer[12] tarafından yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. Sezer ve Yazıcı [13] polimer katkı oranının artışına bağlı olarak dayanım

değerlerinin düştüğünü belirtmektedir. Polimerlerin hemen hemen hepsi kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak nemi hapsedme özelliğine sahiptirler [14]. Çimento hidratasyon ürünlerinin gelişmesi ve hidratasyonun devam etmesi için gerekli olan nemin polimer katkı tarafından hapsedilmesi ile çimento agrega aderansının olumsuz etkilenmesi dayanım değerlerindeki düşüşün sebebi olarak gösterilebilir.

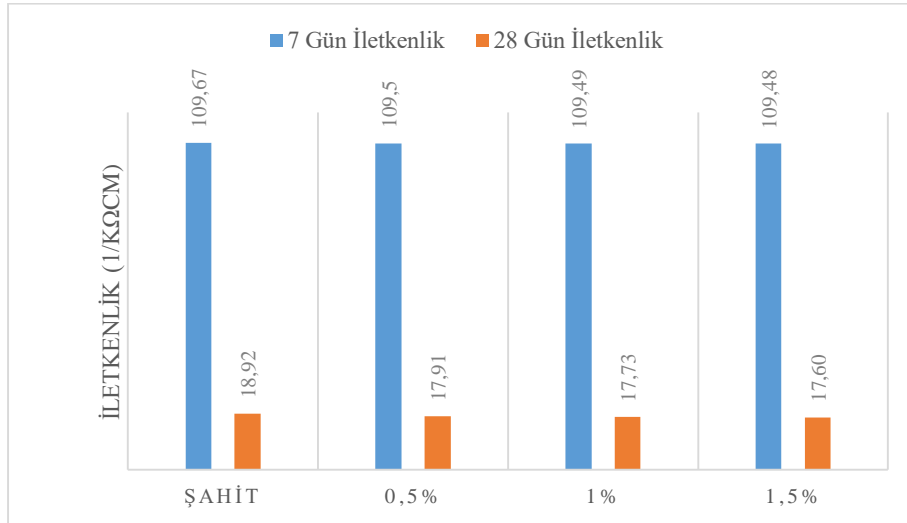
### 3.2. Elektriksel Özdirenç Bulguları

7 ve 28 gün süresince kür uygulaması yapılan örnekler için özdirenç verileri Şekil 4’de verilmiştir. Harç numunelerinde polimer katkı ile birlikte özdirenç değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. 7 ve 28 günlük süreler açısından veriler incelendiğinde ise erken hidratasyon dönemine ait özdirenç değerlerinin ilerleyen yaşta hidratasyon süresindeki verilere göre daha düşük değerlerde kaldığı tespit edilmiş olup, özdirenç değerlerinin hidratasyon süresi ile doğrusallık gösterdiği söylenebilir.



Şekil 4. 7 (a) ve 28 (b) günlük elektriksel özdirenç sonuçları

Şekil 5’de 7 ve 28 gün süreyle küre tabi tutulmuş polimer katkılı numunelerin iletkenlik değerleri verilmiştir. Özdirenç bulguları ile iletkenlik bulguları arasında var olan ters orantılı ilişki elde edilen bulguları doğrulamaktadır. Polimer katkı örneklerin özdirenç değerlerini arttırıcı yönde etki etmiş olup iletkenlik değerlerinde düşüşe sebep olmuştur.



Şekil 5. 7 ve 28 günlük iletkenlik değerleri

Betonun elektriksel direnci, elektrik akımının akışına karşı direnç olarak tanımlanabilen bir malzeme özelliğidir. Su / çimento oranı, çimento tipi, puzolanik katkılar ve hidratasyon derecesi gibi faktörler bu direnci etkiler [15]. Elektrik akımı betondaki gözenek çözeltisinden akan iyonlar tarafından

taşındığından, daha yüksek nem içeriği daha kolay elektrik akışına neden olur ve bu nedenle, gözlenen elektriksel direnç azalır. Bu nedenle, düşük nem içeriği, elektrik direncini önemli ölçüde arttırır [16]. Polimer katkıların nem tutma kapasitelerine sahip olmaları, nemi hapsedmeleri sonrası hidratasyonu etkilemeleri ve dayanımda düşüşe sebep olup, öz direnç değerlerini arttırmaları literatürdeki bu bilgileri destekler niteliktedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Polimer katkının çimento ile ikame edilmesi sonucunda;

- Harç deney örneklerinin 7 ve 28 günlük basınç ve eğilme dayanımlarında düşüş tespit edilmiştir.
- Deney örneklerinin elektriksel öz direnç değerleri polimer katkı ilavesi ile artmış, ilerleyen hidratasyon dönemlerinde de harç numunelerin iletkenlik değerlerinde düşüş tespit edilmiştir.
- Donatı yüzeyinde meydana gelecek korozyon ürünleri polimer katkının örtü görevi görmesi ile hapsedilebilir. Özellikle durabilite kavramının ön plana çıktığı agresif noktalarda, korozyon probleminin yaratacağı deformasyonlar bu şekilde engellenebilir. Ancak dayanımda oluşturacağı olumsuz etkileri ortadan kaldıracak için yapılacak bilimsel çalışmalar etkili ve yararlı olacaktır.

#### Yazarların Katkısı

Çalışmanın tasarlanması, uygulanması ve yorumlanması tamamen yazarın kendisine aittir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

#### Kaynaklar

- Erdoğan T. 2015. Beton. ODTÜ Yayınevi, Ankara, 1-757.
- Gürdal E., Acun S. 2019. Mineral Esaslı Sıvalarda Polipropilen Lif Katkısının Fiziksel Ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi. <http://www.yapkat.com/images/Malzeme/Dosya/52006167173381523815393447.pdf> (Erişim Tarihi: 26.11.2019).
- Boğa A.R. 2017. Harçların Mekanik Ve Elektriksel İletkenlik Özelliklerine Karbon Lifi Ve Çelikhane Cürufu Kullanımının Etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17: 1066-1075.
- Chung D.D.L. 2004. Electrically conductive cement-based materials. *Advanced in Cement Research*, 26 (4):167-176.
- Bertolini L., Bolzoni F., Pastore T., Pedferri P. 2004. Effectiveness of a conductive cementitious mortar anode for cathodic protection of steel in concrete. *Cement and Concrete Research*, 34: 681-694.
- Ohama Y. 1995. *Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortars*. Noyes Publications, United States, 1-246.
- Peng C.Y., Wen Z.Y. 2002. Preparation and properties of styrene-acrylate latex modified mortars. *Chemistry of Building Materials*, 7: 21-23.
- Fowler D.W. 1999. Polymers in concrete: A vision for the 21st century. *Cement and Concrete Composites*, 21 (5-6): 449-452.
- TS EN 197-1, 2012. Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 196-1, 2016. Çimento deney metotları-Bölüm 1: Dayanım tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- [11] ASTM C 1760, 2012. Standard test method for bulk electrical conductivity of hardened concrete. West Conshohocken (PA): ASTM.
- [12] Yazıcı Ş., Sezer İnan G. 2016. Polimer ilaveli harçlarda sülfat etkisinin ve alkali silis reaksiyonunun incelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22 (6): 413-417.
- [13] Sezer İnan G., Yazıcı Ş. 2015. Polimer katkılı harçlarda farklı kür koşullarının dayanıma etkisi. CBÜ Fen Bilimleri Dergisi, 11 (2): 195-201.
- [14] Öksüz M., İndibay E. 2003. Polimerlere uygulanan nem analiz yöntemi. PAGEV Plastik Dergisi, Ocak-Şubat: 78-81.
- [15] Rovnanik P., Kusak I., Bayer P., Schmid P., Fiala L. 2019. Comparison of electrical and self-sensing properties of portland cement and alkali-activated slag mortars. Cement and Concrete Research, 118: 84-91.
- [16] Şengül Ö. 2014. Use of electrical resistivity as an indicator for durability. Construction and Building Materials, 73: 434-441.