

ÇATI KAPLAMA MALZEMESİ SEÇİMİNDE VIKOR ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİNİN UYGULANMASI
UMAS 2017'de sunulmuş ve genişletilmiş bildiridir.

Latif Onur UĞUR¹ Mürsel ERDAL² Ali ÜÇKARDEŞLER¹

¹ Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fak., İnşaat Müh. Böl., 81620, Düzce, TÜRKİYE

² Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fak., İnşaat Müh. Böl., 06500, Ankara, TÜRKİYE
latifugur@duzce.edu.tr

Özet-Dış etkilere açık atmosfer şartlarında; yağmur, kar, rüzgâr, gürültü vb. olumsuz etkenler için çatı kaplama sistemlerinin hayati bir önemi vardır. Bu çalışmada, yapılacak bir inşaat projesi için yaygın olarak kullanılan çatı malzemeleri arasından en uygununun belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma yapılırken çok kriterli karar verme yöntemlerinden VIKOR yöntemi kullanılmıştır. Karar verme aşamasında, önce aynı sistemin ağırlıkları eşit olacak şekilde; ardından da kriterlerin göreceli önemlerini yansıtmak amacıyla ağırlıklandırılarak işlemler yapılmıştır. VIKOR yönteminin iki farklı çözümü arasında karşılaştırma yapılmış ve sonuç olarak ağırlıklandırılarak çözülen VIKOR yönteminde çimento esaslı çatı kaplama malzemesi öne çıkarken, kriterlerin eşit ağırlıklı olduğu kabul edilen VIKOR yönteminde ise kil esaslı çatı kaplama malzemesi ve bitüm esaslı çatı kaplama malzemesi öne çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler- Çatı kaplama malzemesi, VIKOR yöntemi, Çok-kriterli karar verme

APPLICATION OF VIKOR MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHOD IN ROOF COATING MATERIAL SELECTION

Abstract- Roof coating systems are very important for unfavorable atmospheric effects such as rain, snow, wind, noise etc. In this study, it was aimed to select most suitable roof coating material for a building project. For this purpose VIKOR multi-criteria decision making method was selected. During decision making, first equal system weights used, then different weights were used according to importance of criteria. Comparisons were performed between these two VIKOR approaches. As a result, equally weighted VIKOR method yielded clay and bituminous roof coating material however unequally weighted VIKOR method yielded cement based roof coating materials.

Key Words- Roof coating material, VIKOR method, Multi-criteria decision.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde yapılarda kullanılan kaplama malzemelerinin çeşitliliği çok artmıştır. Bir yapının çatısı için doğru bir kaplama malzemesi seçimi; malzemenin sağlam, uzun ömürlü, ekonomik, kullanım amaçlarına uygun ve estetik olması gibi şartları sağlamalıdır [1]. Yapıların çatı taşıyıcı sistemi ahşap, betonarme veya çelik malzemeden yapılmaktadır. Özellikle büyük alanların örtülmesinde kullanılan çelik çatıların atmosferik korozyona maruz kalması kaçınılmaz bir olaydır. Atmosferik korozyon, diğer tüm korozyon çeşitlerinden gerek harcanan para ve gerekse kaybedilen malzeme bakımından en büyük olanıdır. Atmosferik korozyon, coğrafi bölgelere ve yerel koşullara göre değişir [1]. Çatı kaplamaları; inşaatların her türünde konutları kar, yağmur, rüzgâr, fırtına gibi kötü hava koşullarının yanı sıra, tahribata ve çökmelere karşı üst yapıyı örtterek korurlar. Çatı kaplamalarında iyi bir konstrüksiyon, nitelikli su yalıtım ürünleri, olumsuz hava sirkülasyonundan etkilenmeyen malzemeler kullanılarak montajın yapılması, özellikle eğimlerin binalara tam uyumlu olması gerekmektedir. İnşaatlarda ilk yapımda çatı maliyetleri yüksek olsa bile kullanım ömrünün uzunluğu, ısı enerji kaybına, yağışlara olumsuz hava koşullarına direnç göstermesi nedeniyle % 50'ye yakın tasarruf sağlayabilmektedir [2]. Çatı kaplama malzemelerinin önemli bir sorunu iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkından dolayı kaplama malzemesi altında oluşan yoğuşmadır. Bu sorunun önlenmesi için uygulama detayları doğru seçilmeli, kaplama örtüsü altında uygun bir yalıtım malzemesi kullanılmalı, ayrıca yalıtım malzemesi nem ile buharlardan korunmalı, yapı içinde ve örtü altında sürekli, etkin bir havalandırma sağlanmalıdır [3]. Çatıların dekoratif görünümü yanında süsleyici niteliği, modern yapılarda inşaat türlerinde öncelik taşımaktadır. Kaplama malzemesinin şekli, rengi, inşaatın konut, iş merkezi, kapalı spor alanı gibi türüne göre ayrı özellikler taşımaktadır. Çatının taşıyıcı sistemi ise nasıl yapılmış olursa olsun, kaplamanın yapılacağı yüzey esas olarak iki şekilde olabilir [2]:

- Sürekli Sistem (Kaplama); Özellikle konut inşaatlarında kullanılır, yaygın olarak ahşap kaplama, beton ya da panel olarak oluşturulur. Bu sistemin uygulanması durumunda kiremit döşenmeden önce tüm eğimli altyapı hazırlıkları tamamlanmalıdır.
- Aralıklı Sistem (Izgaralı); Ahşap ya da çelik konstrüksiyon kullanılarak oluşturulan bu sistem genellikle konutlarda, büyük binalarda ya da endüstriyel yapılarda kullanılır. Bu sistemin uygulanması durumunda mevcut olan çatı sayesinde önceden beton veya ahşap eğimli çatı döşemesi hazırlamaya gerek kalmaz [2].

Çatılarda kullanılan kaplama malzemeleri çok çeşitli olup içeriğini oluşturan malzemeye göre; metal, kil, çimento, bitüm olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır [1].

Bu çalışmada, malzeme grupları içinde en yaygın olarak kullanılan kaplama malzemelerinin özellikleri incelenecektir. Çatı kaplama malzemelerinin performanslarının incelenmesinde; malzemenin ağırlığı, mukavemeti, ısı iletkenliği, ses iletkenliği, su geçirimsizliği, donma-çözülme, yangın dayanıklılığı, montaj, ömrü ve birim fiyatı dikkate alınmıştır.

2. ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI (ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF ROOF COATING MATERIALS)

2.1. Metal Esaslı Kaplama Malzemeleri (Metal Based Coating Materials)

Alüminyum-çinko kaplamalı metal kiremitler, basınç altında şekillendirilmiş alüminyum-çinko alaşımı ile kaplanmış, küçük taş parçacıkları ile akrilik olarak kaplaması yapılmış, 0,40 mm kalınlığında çelik levhadır. Taş kaplama, renk solmalarına ve UV ışınlarının içeri işlemesine karşı direnç sağlamaktadır. 7 kg/m² ağırlığında 410x1320 mm boyutlarındadır. Fiyatı yaklaşık 50 TL/m²'dir [4]. Çok uzun kullanım süresi (25 yıl) vardır. Korozyona dayanıklıdır, yüzeyi

yosunlaşma ve mantar oluşumunu önleyen akrilik kaplamalıdır. Küflenme olmaz, kırılmaz, çatlamaz, fire vermez, alev almaz, donmaz ve yangına dayanıklıdır. Dik çatılarda (10° ile 90°) kullanıma uygundur. Doğal taş kaplı olması nedeniyle renk solmasına karşı uzun ömürlüdür. Atmosferdeki kimyasal maddelerden etkilenmez. Montajı hızlı ve kolaydır. Benzeri kiremitlere göre oldukça hafiftir. Çatı taşıyıcı sisteminde ekonomi sağlar. Estetiktir, değişik renkleri vardır. Her kiremit ayrı ayrı çatıya tespit edildiği için kus, böcek girmesi imkânsız, hırsız girmesini ise zor hale getirir [5, 6].

Genel olarak konutlar için kullanılan bir malzemedir. Endüstri yapılarında kullanılamaz. Isı ve ses iletim değerleri yüksektir. Nem, ısı ve ses etkilerine karşı yalıtım gerektirir. Maliyeti yüksektir. Isı yalıtımlı olarak uygulama fiyatı 80-85 TL/m²'dir. Yaygın işçiliği yoktur. Parçalı elemanlardan oluştuğu için bazı durumlarda sızıntıya bağlı olarak korozyona uğrayabilir. Eğrisel yüzeyli çatılarda, ısı farklarının sebep olduğu termal hareketler nedeniyle gürültü yapabilir [5, 6].

2.2. Kil Esaslı Kaplama Malzemeleri (Clay Based Coating Materials)

Kilden üretilen alaturka ve Marsilya kiremit çeşitleri vardır. Marsilya kiremit boyutları, 23x41 cm olup ortalama ağırlığı 48 kg/m²'dir. Fiyatı yaklaşık 10 TL/m²'dir. Alaturka kiremit boyutları, 41x17-15 cm boyutlarındadır. Ağırlığı 57 kg/m²'dir. Fiyatı yaklaşık 20 TL/m²'dir [7].

Kiremitlerin malzemesi tamamen doğaldır. Bünyesinde doğaya zararlı kimyasallar bulundurmamasından dolayı çevreye zarar vermez. Bakım ve kullanım gideri emsallerine göre çok azdır. İnsanlara ve hayvanlara zarar vermez. Konutlarda kullanılır. Fiyatı ucuzdur. Kaldırılıp tekrar kullanılabilir. Kullanımında sağlığa zararlı hiçbir kimyevi madde kullanılmaz ve estetikdir.

Kil esaslı kiremitlerin su emme özelliği vardır. Donma ve çözülmeye dayanıklılığı azdır. Ayrıca girintili çıkıntılı olduğundan toz ve kir tutar. Suyun kiremit üzerinden akışı, yüzeyindeki pürüzlerden etkilenir ve % 30'dan daha düşük eğimli çatılarda kullanılamaz. Kuvvetli rüzgârlarda yağmur suyu yapı içine girebilir. Kimyasal maddelere dayanıklılığı azdır. Düşük mukavemeti, kırılma oluşu nedeniyle çok fire verir. Taşıyıcı sisteme verdiği ağırlıktan dolayı yapının taşıyıcı sistem maliyetini önemli oranda artırır. Bu nedenle geniş açıklıklı endüstri yapılarında kullanılmaz. Ses ve ısı geçirgenliği düşük de olsa vardır. Konut tipi yapılarda çatı arası kullanılıyor ise yalıtım gerektirir [1].

2.3. Bitüm Esaslı Shingle Kaplama Malzemeleri (Bitumen Based Shingle Coating Materials)

Üzeri doğal taş kaplı Shingle çatı örtüsünün boyutları 33 x 100 cm'dir. Çatıya yaklaşık ağırlığı 10 kg/m² yük verir. Fiyatı yaklaşık 9 TL/m²'dir [8]. Mahya, köse elemanı gibi aksesuarlar gerektirmez. Çatılarda riskli noktalar için kullanılan çinko kullanımını ortadan kaldırır. %33 ve daha yüksek eğimlerde su geçirimsizdir. Ayrıca su yalıtımına gerek kalmaz. Kolay uygulanır. Karmaşık ve eğrisel çatı yüzeylerinde kolaylıkla uygulanabilir. Esnektir, çatlamaz, kırılmaz, havanın sıcaklık ve soğukluk değişimlerinden etkilenmez. Nakliye, tasıma, kullanım sürecinde kırılmaz, firesi yoktur. Çatıda deformasyona yol açmaz. Su geçirmez, bakım onarım gerektirmez, uzun ömürlüdür. Küçük parçalı dokusu cazip ve kalıcı renkleri ile estetikdir. Renk ve model seçeneğine izin verir. Fonksiyoneldir. Çatıya çıkılması gerektiğinde üzerinde tahribat yapmadan yürünebilir. Yağmur ve dolu gibi atmosferik etkilerde sesi kısmen yutar. Enerji tasarrufu sağlar. Genellikle konutlarda kullanılır [8].

Petrol içerikli olduğundan yaz aylarında koku yapabilir ve yanma riski vardır. Soğuk havalarda donabilir. Sert rüzgârlarda, iyi yapışmamış ise açılma yapabilir. Hava geçirgenliği iyi değil ise ve su geçiriyorsa küflenme olur. Yapı içindeki su buharı çatıda yoğunlaşarak küfe neden olur.

Üstüne yapıştırıldığı OSB ahşabın hava geçirgenliği olması gereklidir. Ses, ısı ve nem yalıtımı gereklidir. Yanlış uygulama sonucu su yalıtımında hatalar olabilir. Çivi ek yerlerinden uygun bindirme payı olmayan çatılarda yalıtım aksayabilir. Köse bitişlerinde yanlış uygulama sonucu su, tahliye olmazken duvara veya bina içerisine girebilir. Havalandırma bacalarının işlevsel olmaması sonucu alt tabakada bulunan OSB'ye ve eğer ahşap çatı varsa yoğuşma çatıya çok ciddi hasarlar verebilir. Endüstri yapıları için uygun değildir [1].

2.4. Çimento Esaslı Çatı Kaplama Malzemeleri (Cement Based Coating Materials)

Kil esaslı pişmiş toprak kiremitin mukavemet don dayanımı ve bakteri, küf ve mantarlar oluşumuna dayanımı gibi özelliklerin artırılması gereksinimiyle beton kiremit ve perlitli kiremit üretilmektedir.

Beton kiremitin yüksek dozajlı betonun kalıplarda preslenmesi ve düşük ısıda prize yapması ile edilen bir çatı kaplama malzemesidir. 1m² çatı kaplama yüzeyi için gerekli beton kiremitin ağırlığı, aynı alan için gerekli kil esaslı kiremitten daha hafif olup, bu fark yağış sonrası kaplama malzemelerinin su emiciliğiyle daha da artmaktadır.

Perlitli kiremit, çimento bağlayıcı ile volkanik tüf olan perlitten elde edilir. Isı iletkenlik değeri düşüktür ve ısı yalıtımı sağlar. 1000 °C ye kadar dayanıklı olması nedeniyle yangın yayılımını geciktirir. Perlitli kiremit uygulamalarında merteklerin aks aralığı 60-70 cm olup, saçak kısmına gelecek olan ilk çita 5x5 cm, bunun dışındakiler 4x3 veya 5x3 olacak şekilde merteklere ya da kiremit altı tahtasına çakılır. Bu çitalar arası mesafe 32-35cm olmalıdır [9].

3. VIKOR YÖNTEMİNİN TEMELLERİ (BASICS OF VIKOR METHOD)

VIKOR yönteminin temelinde, alternatifler ışığında ve değerlendirme kriterleri kapsamında bir uzlaşık çözümün tespit edilmesi vardır. Bu uzlaşık çözüm, ideal çözüme en yakın çözüm olarak ortaya çıkmaktadır [10]. Uzlaşık çözüm ifadesiyle, alternatifler için çok kriterli sıralama indeksi oluşturularak, belirli koşullar kapsamında ideal çözüme en yakın kararın verilmesi anlaşılmaktadır. Her alternatifin, karar verme kriterleri bazında değerlendirildiği varsayımı altında, ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılarak uzlaşık sıralamaya ulaşılır [11]. Yöntem ayrıca, karar verici grubun sonuç üzerinde etkili olabilmesine de imkan vermektedir. Maksimum grup faydasının ve buna bağlı olarak karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının sonuca etki ettirilebilmesi söz konusudur [12, 13].

VIKOR yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir:

1. Adım: Her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerleri belirlenir. Eğer i kriteri oluşturulan model açısından “fayda” anlamında bir değerlendirme kriteri ise, $i= 1,2, \dots, n$ için; (f_i^*) ve (f_i^-) Denklem 1'deki gibi ifade edilir.

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad \text{ve} \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (1)$$

2. Adım: Her bir alternatif için S_j ve R_j değerleri hesaplanır. w_i , kriter ağırlıklarını ifade etmektedir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^-} \quad (2)$$

$$R_j = \max \left[\frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right] \quad (3)$$

3. Adım: Her bir alternatif veya değerlendirme birimi için Q_j değerleri hesaplanır.

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1 - v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemde, $S^* = \min_j S_j$, $S^- = \max_j S_j$, $R^* = \min_j R_j$ ve $R^- = \max_j R_j$ değerlerini ifade etmektedir. v değeri, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, $(1 - v)$ değeri karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. Genellikle $v = 0,5$ kullanılır [13].

4. Adım: Elde edilen Q_j , S_j , R_j değerleri sıralanır. En küçük Q_j değerine sahip alternatif yada değerlendirme birimi, alternatifler grubu içerisindeki en iyi seçenek olarak ifade edilir.

5. Adım: Elde edilen sonucun geçerli olması için iki koşul sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde, minimum Q değerine sahip alternatif, en iyi olarak nitelendirilebilir. Bu koşullar, şu şekilde ifade edilebilir.

Koşul 1 (Kabul Edilebilir Avantaj): En iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunun kanıtlanmasını içeren koşuldur.

$$Q(P_2) - Q(P_1) \geq D(Q) \quad (5)$$

Eş. 5'te; P_1 , en az Q değerine sahip olan birinci en iyi alternatif, P_2 ise ikinci en iyi alternatiftir. $D(Q)$ değeri Eş. 6'da verilmiştir. j , alternatif sayısını göstermektedir.

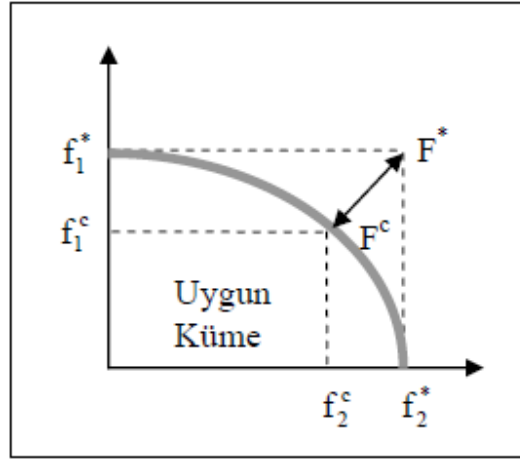
$$D(Q) = 1/(j - 1) \quad (6)$$

Koşul 2 (Kabul Edilebilir İstikrar): Elde edilen uzlaşık çözümün istikrarlı olduğunun kanıtlanması açısından şu koşulun sağlanması gerekir: En iyi Q değerine sahip P_1 alternatifi, S ve R değerlerinin de en az bir tanesinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır. Belirtilen iki koşuldan bir tanesi sağlanamazsa uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- Eğer Koşul 2 sağlanmıyorsa P_1 ve P_2 alternatifleri,
- Eğer Koşul 1 sağlanmıyorsa P_1, P_2, \dots, P_M alternatifleri dikkate alınarak eşitsizlik şu şekilde ifade edilir:

$$Q(P_M) - Q(P_1) < D(Q) \quad (7)$$

Uzlaşık çözüm kümesi dahilinde Q değerlerine göre sıralama yapılır. En iyi alternatif, minimum Q değerine sahip alternatiflerden biridir [13]. İdeal ve uzlaşık çözümlerin grafiksel ifadesi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. İdeal ve uzlaşık çözümler (Ideal and compromise solutions)

3.1. VIKOR Yönteminin Özellikleri (Properties of VIKOR Method)

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden VIKOR yönteminin bazı önemli özellikleri aşağıda verilmiştir.

- VIKOR yaklaşımı ile karar vericilerin fikir ayrılıkları uzlaşarak çözülebilir olmalıdır.
- Karar verici, ideal çözüme en yakın çözümü kabul etmeye istekli olmalıdır.
- Fayda ile her kriter fonksiyonu arasında doğrusal bir ilişki vardır.
- Alternatifler, belirlenen tüm kriterler için değerlendirilir.
- Karar vericinin tercihleri ağırlıklar ile ifade edilir.
- VIKOR yöntemi, karar vericinin etkileşimli katılımı olmadan başlar fakat karar verici nihai çözümü onaylamaktan sorumludur. Karar verici, bu nihai çözüme kendi tercihlerini de dahil edebilir [9].
- VIKOR yöntemi, özellikle sistem tasarımının başında karar vericinin deneyimli olmadığı veya tercihini belirtmeyi bilmediği durumlarda etkili bir yöntemdir.
- VIKOR’la elde edilen çözüm karar vericiler tarafından kabul edilebilirdir. Çünkü bu yöntem “çoğunluğun” maksimum grup faydasını ve “karşıtın” minimum bireysel pişmanlığını sağlar. VIKOR’da alternatif kümesine yeni bir alternatifin dahil edilmesi (ya da çıkarılması), alternatiflerin sıralamasını değiştirebilir [13,14].

4. UYGULAMA (APPLICATION)

Bu uygulamada VIKOR yöntemine göre çatı kaplama sistemlerinin ağırlıklı önem dereceleriyle olan veri setini bir de ağırlıksız olarak çözerek iki sistem arasında kıyaslama yapılmak amaçlanmıştır. Öncelikle ağırlıksız olarak çözüm yapılmıştır.

VIKOR yönteminin başlangıcında her bir karar kriterinin öneminin belirlenmesi gerekmektedir. Kriterlerin bir kısmının en fazla, bir kısmının da en az olması tercih edilmektedir. Çatı sistemlerinin aranılan kriterlerin (Mukavemet, ısı iletkenliği, ses iletkenliği, su geçirimsizliği, donma-çözülme özellikleri, yangın dayanıklılığı) iyi/kötü özellikleri literatürden araştırılan bilgilerle 1 den 10 a kadar (1 en kötü olmak ve 10 en iyi olmak üzere) puanlandırılmıştır. Kriterler ve nitelikleri aşağıda belirtilmiştir;

K1: Ağırlık: m^2 ye gelen ağırlık değeri bir kriter olarak alınmıştır. Bu karar verme sürecinde ağırlık kriterinin minimize edilmesi istenilmektedir. Ne kadar düşükse o kadar tercih sebebidir.

K2: Mukavemet: Eksenel ya da dikey taşıma gücüne mukavemet denir. Yapılan sistemin taşıma gücünün azami olması istenir. Dolayısıyla bu kriterin maksimuma yakın olması istenir.

K3: Isı İletkenliği: Dışarıda oluşan soğuk-sıcak havaların duruma göre çatılarda absorbe edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden ısı iletkenliği çatılarda önemli bir faktördür ve bu kriterin maksimuma yakın olması istenilmektedir.

K4: Ses İletkenliği: Dışarıda oluşan gürültünün içeri gelmemesi istenilmektedir. Ses iletkenliği çatı kaplama sistemleri için önemli bir faktördür. Bu sebepten ötürü ses iletkenliğinin maksimuma yakın olması istenilmektedir.

K5: Su geçirimsizliği: Dışarıda oluşabilecek yağmur, kar gibi doğal olayların çatıdan içeri girmesi küf mantar gibi olumsuz etkilerinden dolayı içeri girmesini istemeyiz. Bu nedenle bu kriterin en yüksek seviyede olmasını isteriz.

K6: Donma-Çözülme Dayanıklılığı: Kar ve soğuk hava koşullarında donma çözülme olumsuz bir etkidir. Bu kriterin maksimuma yakın olmasını isteriz.

K7: Yangın Dayanıklılığı: binalarda oluşabilecek yangınlar sonucunda yapıdaki diğer malzemeler gibi çatıların da dayanıklı olması istenir. Bu kriterin maksimuma yakın olması istenir.

K8: Montaj Kolaylığı: Çatıların daha ilk yapım aşamasında hızlı ve sağlıklı bir şekilde çatının bitmesi istenir. Ayrıca çatılarda sonradan oluşabilecek hasarların tamir edilmesinde montaj kolaylığını önemli bir role sahiptir. Bu yüzden bu kriterin maksimuma yakın olması istenir.

K9: Çatıların Ömrü: İnsanların daha uzun yararlanması için yapılan yapının uzun süre dayanması istenilir. Diğer yapı elemanlarında olduğu gibi çatı kaplama sistemlerinin de ömrünün sağlıklı ve uzun olması istenir. Bu sebepten bu kriterin maksimuma yakın olması istenir.

K10: Birim Fiyatı: İyi özellikte olan bir çatı kaplama sisteminin bütçeye de uygun olması istenir. Bu sebepten birim fiyatın minimum olması bizim için daha iyidir.

VIKOR yöntemine göre oluşturulan karar matrisi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çatı kaplama sistemlerinin kararına ait veri seti (Data set belonging to decision of roofing systems)

	Ağırlık (kg/m ²)	Mukavemet (kg/cm ²)	Isı İletkenliği	Ses İletkenliği	Su Geçirimsizliği	Donma- Çözülme Dayanıklılığı	Yangın Dayanıklılığı	Montaj Kolaylığı	Ömür (Yıl)	Birim Fiyat (TL/m ²)
Metal esash çatı kaplama sistemleri	7	9	2	2	4	10	10	10	25	50
Metal Kiremitler										
Kil esash çatı kaplama sistemleri	48	3	8	3	5	3	5	5	15	10
Marsilya Kiremit										
Çimento esash çatı kaplama sistemleri	42	7	3	6	8	5	9	8	8	18
Çimento Esash Kiremitler										
Bitüm esash çatı kaplama sistemleri	10	2	5	7	9	8	2	4	5	9
Shingle										

VIKOR yöntemine göre bu kriterlerin eklendiği veri seti aşağıda Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Kriter özelliklerinin eklendiği veri seti (Data set to which criterion attributes are attached)

X	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri										
Metal Kiremitler	7	9	2	2	4	10	10	10	25	50
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri										
Marsilya Kiremit	48	3	8	3	5	3	5	5	15	10
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri										
Çimento Esaslı Kiremitler	42	7	3	6	8	5	9	8	8	18
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri										
Shingle	10	2	5	7	9	8	2	4	5	9

Karar matrisinin oluşturulmasının ardından, kriterlerin fayda ve maliyet özelliklerine sahip olma durumları dikkate alınarak her bir kriter için en iyi ve en kötü değerler belirlenmelidir. Bu aşamada Eş. 1 kullanılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. En iyi ve en kötü kriter değerlerinin belirlenmesi (Determination of the best and worst criterion values)

X	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri										
Metal Kiremitler	7	9	2	2	4	10	10	10	25	50
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri										
Marsilya Kiremit	48	3	8	3	5	3	5	5	15	10
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri										
Çimento Esaslı Kiremitler	42	7	3	6	8	5	9	8	8	18
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri										
Shingle	10	2	5	7	9	8	2	4	5	9
f_i^*	7	2	2	2	4	3	2	4	5	9
f_i^-	48	9	8	7	9	10	10	10	25	50

Kriterlerin birimden arındırılması için gerçekleştirilen normalizasyon işlemi, lineer normalizasyon işlemi esaslarına dayanmakta olup Eş. 8 yardımı ile hesaplanmıştır. Normalizasyon matrisi Tablo 4’te verilmiştir.

$$r_{ij} = (f_i^* - x_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (8)$$

Tablo 4. Normalizasyon matrisi (Normalisation matrix)

R	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri										
Metal Kiremitler	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri										
Marsilya Kiremit	1	0,142	1	0,2	0,2	0	0,375	0,16	0,5	0,024
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri										
Çimento Esaslı Kiremitler	0,795	0,714	0,166	0,8	0,8	0,285	0,875	0,666	0,15	0,219
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri										
Shingle	0,731	0	0,5	1	1	0,714	0	0	0	0

Her bir alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren S_i ve R_i değerlerinin hesabı Eş. 2 ve 3 yardımı ile yapılarak normalize matris ağırlıklandırılmıştır (Tablo 5). (Ağırlığı hesaba katmamak adına $w_i = 1$ alınır)

Tablo 5. Ağırlıklandırılmış normalizasyon karar matrisi (Weighted normalisation decision matrix)

v	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri										
Metal Kiremitler	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri										
Marsilya Kiremit	1	0,142	1	0,2	0,2	0	0,375	0,16	0,5	0,024
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri										
Çimento Esaslı Kiremitler	0,795	0,714	0,166	0,8	0,8	0,285	0,875	0,666	0,15	0,219
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri										
Shingle	0,731	0	0,5	1	1	0,714	0	0	0	0

Q_i değerlerinin hesaplanması adımında kullanılan S^* , S^- , R^* ve R^- parametreleri Eş. 9 kullanılarak hesaplanmış ve bulunan değerler Tablo 6’da verilmiştir.

$$S^* = \min_i S_i, S^- = \max_i S_i, R^* = \min_i R_i \text{ ve } R^- = \max_i R_i \quad (9)$$

Tablo 6. Q_i değerlerinin hesaplamasında kullanılacak parametreler (Parameters to be used in calculating Q_i values)

S^*	3,6013
S^-	6
R^*	0,8
R^-	1

$q = (0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00)$ parametresine göre grup faydası değerleri için Eş. 4 kullanılmış ve Q_i değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri (Calculated values of S_i , R_i and Q_i)

Q	S_i	R_i	0	0,25	0,5	0,75	1
			$Q_i(v = 0,00)$	$Q_i(v = 0,25)$	$Q_i(v = 0,50)$	$Q_i(v = 0,75)$	$Q_i(v = 1,00)$
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri							
Metal Kiremitler	6	1	1	1	1	1	1
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri							
Marsilya Kiremit	3,601	1	0	0,75	0,5	0,75	1
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri							
Çimento Esaslı Kiremitler	5,47	0,8	0	0,19475	0,3895	0,58425	0,779
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri							
Shingle	3,945	1	0	0,03582	0,071642	0,10746	0,143285

Her bir alternatif için Q değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler baz alınarak tüm alternatifler sıralanmıştır (Tablo 8). Burada $v = 0,00$ parametresine göre birinciliği aşağıdaki üç seçenek kazanmıştır.

- Kil Esaslı Çatı Kaplama Sistemleri,
- Çimento Esaslı Çatı Kaplama Sistemleri,
- Bitüm Esaslı Çatı Kaplama Sistemleri.

Tablo 8. Sıralama sonuçları (Results of ranking)

	$Q_i(v = 0,00)$	$Q_i(v = 0,25)$	$Q_i(v = 0,50)$	$Q_i(v = 0,75)$	$Q_i(v = 1,00)$
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri					
Metal Kiremitler	10	10	10	10	10
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri					
Marsilya Kiremit	1	8	5	8	10
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri					
Çimento Esaslı Kiremitler	1	2	3	5	8
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri					
Shingle	1	1	1	1	1

Yapılan sıralamaların uzlaşık çözümü yansıtip yansıtmadığını belirlemek üzere Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar koşullarını sağlayıp sağlamadıklarına bakılmış ve u aşamada Eş. 5, 6 ve 7 kullanılmıştır. Yapılan hesaplama ve değerlendirmelerin sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Koşulların denetlenmesi (Control of conditions)

$Q(P2)$	0,583333	0,50725	0,47168	0,70752	0,943371
$Q(P1)$	0	0,23584	0,431176	0,355097	0,279018
$Q(P2) - Q(P1)$	0,583333	0,27141	0,040504	0,352423	0,664353
$D(Q)$	0,333333	0,333333	0,333333	0,333333	0,333333
Koşul 1	DOĞRU	YANLIŞ	YANLIŞ	DOĞRU	DOĞRU
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

Çatı sistemleri karar verme amacıyla yapılan VIKOR analizi sonucunda, $q = 0,00$, $q = 0,75$, $q = 1,00$ değerleri için Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar Koşullarını aynı anda sağlayan Kil Esaslı Çatı Kaplama Sistemleri ve Bitüm Esaslı Çatı Kaplama Sistemleri, En İyi Alternatifler olarak belirlenmiştir. $q = 0,25$ ve $q = 0,50$ Kabul Edilebilir Avantaj koşulu sağlanamamıştır.

Ağırlıkları eklenerek VIKOR yöntemiyle çözüm Tablo 1’de verilen çatı kaplama sistemlerinin kararına ait veri setindeki bilgiler yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

VIKOR yöntemine göre bu kriterlerin özellikleri ve ağırlıklarının eklendiği veri seti aşağıdaki gibi olmalıdır (Tablo 10).

Tablo 10. Kriter özellikleri ve ağırlıkların eklendiği veri seti (Data set to which criterion features and weights are attached)

Ağırlıklar ($w1$)	12%	10%	10%	11%	11%	9%	8%	8%	9%	12%
X	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri										
Metal Kiremitler	7	9	2	2	4	10	10	10	25	50
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri										
Marsilya Kiremit	48	3	8	3	5	3	5	5	15	10
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri										
Çimento Esaslı Kiremitler	42	7	3	6	8	5	9	8	8	18
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri										
Shingle	10	2	5	7	9	8	2	4	5	9

Karar matrisinin oluşturulmasının ardından, kriterlerin fayda ve maliyet özelliklerine sahip olma durumları dikkate alınarak her bir kriter için en iyi ve en kötü değerler belirlenmelidir. Bu aşamada Eş. 1 kullanılmıştır (Tablo 11).

Tablo 11. En iyi ve en kötü kriter değerlerinin belirlenmesi (Determination of the best and worst criterion values)

Ağırlıklar (w_1)	12%	10%	10%	11%	11%	9%	8%	8%	9%	12%
X	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri										
Metal Kiremitler	7	9	2	2	4	10	10	10	25	50
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri										
Marsilya Kiremit	48	3	8	3	5	3	5	5	15	10
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri										
Çimento Esaslı Kiremitler	42	7	3	6	8	5	9	8	8	18
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri										
Shingle	10	2	5	7	9	8	2	4	5	9
f_i^*	7	2	2	2	4	3	2	4	5	9
f_i^-	48	9	8	7	9	10	10	10	25	50

Kriterlerin birimden arındırılması için gerçekleştirilen normalizasyon işlemi, lineer normalizasyon işlemi esaslarına dayanmakta olup Eş. 8 yardımı ile hesaplanmıştır (Tablo 12).

Tablo 12. Normalizasyon matrisi (Normalisation matrix)

(w_i)	12%	10%	10%	11%	11%	9%	8%	8%	9%	12%
R	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri										
Metal Kiremitler	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri										
Marsilya Kiremit	1	0,142	1	0,2	0,2	0	0,375	0,16	0,5	0,0243
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri										
Çimento Esaslı Kiremitler	0,795	0,714	0,166	0,8	0,8	0,285	0,875	0,666	0,15	0,219
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri										
Shingle	0,731	0	0,5	1	1	0,714	0	0	0	0

Her bir alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren S_i ve R_i değerlerinin hesabı Eş. 2 ve 3 yardımı ile yapılarak normalize matris ağırlıklandırılmıştır (Tablo 13).

Tablo 13. Ağırlıklandırılmış normalizasyon karar matrisi (Weighted normalisation decision matrix)

Ağırlıklar w_1	12%	10%	10%	11%	11%	9%	8%	8%	9%	12%
V	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	min	maks	min
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri										
Metal Kiremitler	0	0,1	0	0	0	0,09	0,08	0,08	0,09	0,12
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri										
Marsilya Kiremit	0,12	0,0142	0,1	0,022	0,022	0	0,03	0,0128	0,045	0,0024
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri										
Çimento Esaslı Kiremitler	0,096	0,0714	0,0166	0,088	0,088	0,0257	0,07	0,0536	0,0135	0,0264
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri										
Shingle	0,0876	0	0,05	0,11	0,11	0,0643	0	0	0	0

Q_i değerlerinin hesaplanması adımında kullanılan S^* , S^- , R^* ve R^- parametreleri Eş. 9 kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 14);

Tablo 14. Q_i değerlerinin hesaplamasında kullanılacak parametreler (Parameters to be used in calculating Q_i values)

S^*	0,3684
S^-	0,56
R^*	0,096
R^-	0,12

$q = (0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00)$ parametresine göre grup faydası değerleri için Eş. 4 yardımı ile Q_i değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri (Calculated values of S_i , R_i and Q_i)

Q	S_i	R_i	0	0,25	0,5	0,75	1
			$Q_i(v = 0,00)$	$Q_i(v = 0,25)$	$Q_i(v = 0,50)$	$Q_i(v = 0,75)$	$Q_i(v = 1,00)$
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri							
Metal Kiremitler	0,56	0,12	1	1	1	1	1
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri							
Marsilya Kiremit	0,3684	0,12	1	0,75	0,5	0,75	1
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri							
Çimento Esaslı Kiremitler	0,5492	0,096	0	0,23584	0,47168	0,70752	0,943371
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri							
Shingle	0,4219	0,11	0,583333	0,50725	0,431176	0,431176	0,279018

Her bir alternatif için Q değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler baz alınarak tüm alternatifler sıralanmıştır (Tablo 16). Burada $v = 0,00$ parametresine göre birinciliği Çimento esaslı çatı kaplama sistemi kazanmıştır.

Tablo 16. Sıralama sonuçları (Results of ranking)

	$Q_i(v = 0,00)$	$Q_i(v = 0,25)$	$Q_i(v = 0,50)$	$Q_i(v = 0,75)$	$Q_i(v = 1,00)$
Metal esaslı çatı kaplama sistemleri					
Metal Kiremitler	10	10	10	10	10
Kil esaslı çatı kaplama sistemleri					
Marsilya Kiremit	10	7	5	7	10
Çimento esaslı çatı kaplama sistemleri					
Çimento Esaslı Kiremitler	1	4	3	6	9
Bitüm esaslı çatı kaplama sistemleri					
Shingle	6	1	1	1	1

Yapılan sıralamaların uzlaşık çözümü yansıtıp yansıtmadığını belirlemek üzere Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar koşullarını sağlayıp sağlamadıklarına bakılır. Bu aşamada Eş. 5, 6 ve 7 kullanılır. Bu ifadelerle göre yapılan hesaplama ve değerlendirmelerin sonuçları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Koşulların denetlenmesi (Control of conditions)

$Q(P2)$	0,583333	0,50725	0,47168	0,70752	0,943371
$Q(P1)$	0	0,23584	0,431176	0,355097	0,279018
$Q(P2) - Q(P1)$	0,583333	0,27141	0,040504	0,352423	0,664353
$D(Q)$	0,333333	0,333333	0,333333	0,333333	0,333333
Koşul 1	DOĞRU	YANLIŞ	YANLIŞ	DOĞRU	DOĞRU
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ

Çatı sistemleri karar verme amacıyla yapılan VIKOR analizi sonucunda , $q = 0,00$, değeri için Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar Koşulları’nı aynı anda sağlayan Çimento esaslı kaplama sistemlerinde çimento esaslı kiremitler, En İyi Alternatif olarak belirlenmiştir. $q = 0,25$ ve $q = 0,50$ Kabul Edilebilir Avantaj koşulu sağlanamamış ve $q = 0,50$, $q = 0,75$ ve $q = 1,00$ değerleri için ise Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu sağlanamamıştır.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Çok kriterli karar verme teknikleri, alternatifler arasından birden fazla sayıda ve aynı anda uygulanabilen kriterlere bağlı olarak en iyi tercihin seçilmesine imkân sağlayan yöntemlerdir.

Bu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden VIKOR yöntemi kullanılarak farklı çatı kaplama malzemeleri arasından en uygun olanı seçilmiştir. Karar verme aşamasında, önce kriter ağırlıkları eşit olacak şekilde, ardından da kriterlerin göreceli önemlerini yansıtmak amacıyla ağırlıklandırılarak işlemler yapılmıştır. Daha sonra iki farklı çözüm arasında karşılaştırma yapılmış ve sonuç olarak kriterlerin ağırlıklandırıldığı çözümde çimento esaslı çatı kaplama malzemesi öne çıkmıştır. Kriterlerin eşit ağırlıklı olduğu kabul edilerek yapılan çözümde ise kil esaslı çatı kaplama malzemesi ve bitüm esaslı çatı kaplama malzemesi en uygun malzeme olarak belirlenmiştir.

Her problem çeşidinde karar vericinin amacı farklıdır. Seçme probleminde karar vericinin amacı en iyi alternatifi en iyiden en kötüye sıralamaktır. Sınıflandırma probleminde ise karar verici, amaç doğrultusunda alternatifleri sınıflara ayırmaktadır. VIKOR yöntemi birbiriyle çelişen kriterler olduğunda seçenekler arasından seçim ve sıralama yapmaya odaklanmıştır. Bu makalede çelişen kriterlere örnek olarak ağırlık ve mukavemet verilebilir; ağırlığın az olması istenirken mukavemetin fazla olması yani yüksek mukavemette çıkması istenir. Oysaki mekanik özelliklerin artması genel olarak yoğunluğun, dolayısı ile ağırlığın artmasına paraleldir.

Örnek problemde analiz sayısal değerler üzerinden yapılmış olsa da karar verici, kriterleri sezgisel olarak ağırlıklandırmak suretiyle, sürece öznellik kazandırabilir. Bu nedenle elde edilen sonuçların; karar vericinin görüşlerini de yansıtan sonuçlar olduğu söylenebilir.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Çatıder (Çatı Sanayici ve İşadamları Derneği) <http://catider.org.tr/pdf/sempozyum5/Semp%205%20Bildiri%2018.pdf> (son erişim tarihi 12 Ocak 2017).
- [2]. <http://catikaplama.info/index.php/cati-yapimi/77-cati/91-hangi-cati-kaplama-sistemi-daha-iyi.html> (son erişim tarihi 12 Ocak 2017).
- [3]. <http://www.cativecephe.com/?pid=23734> (son erişim tarihi 12 Ocak 2017)
- [4]. www.catider.org.tr (son erişim tarihi 12 Ocak 2017)
- [5]. www.icsyapi.comn (son erişim tarihi 12 Ocak 2017)
- [6]. www.yalitim.eu/decra (son erişim tarihi 12 Ocak 2017)
- [7]. www.bloksan.com.tr (son erişim tarihi 12 Ocak 2017)
- [8]. www.panel.btmpolpan.com.tr (son erişim tarihi 12 Ocak 2017)
- [9]. <https://www.gnyapi.com.tr/cimento-esasli-cati-kaplamalari> (son erişim tarihi 12 Ocak 2017)
- [10]. Opricovic, S., and Tzeng, G. H., (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455.
- [11]. Opricovic, S., and Tzeng, G. H., (2007). Extended VIKOR method in comparison with other outranking methods, *European Journal of Operational Research*, 178, 514-529.
- [12]. Uğur, L.O., (2017). MOORA optimizasyon yaklaşımı ile inşaat proje müdürü seçimi: Çok kriterli bir karar verme uygulaması, *Politeknik Dergisi*, 20(3), 717-723.

- [13].Yıldırım, B. F., Önder, E., (2017). *Operasyonel, Yönetmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Basım Yayın, Bursa.
- [14].Dinçer, H., Görener, A., (2011). Performance evaluation using AHP-VIKOR and AHP-TOPSIS approaches; The case of service sector, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, Sigma 29, 244-260.