
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		 SAKARYA UNIVERSITY
	e-ISSN: 2147-835X		
	Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder		
	<u>Geliş/Received</u> 15-09-2017		
	<u>Kabul/Accepted</u> 14-11-2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.338350	

Geri dönüşüm sektörüne ilişkin sorun alanlarının dematel ve gri dematel yöntemiyle değerlendirilmesi

Feyza Gürbüz*¹ Sümeyye Çavdarıcı²

ÖZ

Geri dönüşüm; doğal kaynaklarımızın tüketimini azaltarak enerji ve hammadde tasarrufu sağlar, iş imkânı olanaklarını arttırır, maliyetleri azaltarak ülke ekonomisine katkıda bulunur. Geri dönüşüm sektöründe ülke olarak oldukça geri seviyelerde olmamızın nedenleri hep tartışma konusu olmuştur. Atık yönetiminde yapılan hataları doğru tespit etmek en uygun stratejiye yönelmemizi sağlayacaktır. Bu çalışmada ülkemizde geri dönüşüm sektörüne ait ve Bilim, Sanayi, Teknoloji Bakanlığınca belirlenmiş olan sorun alanları incelenerek Dematel ve Gri Dematel yöntemleri ile önceliklendirilmiştir. Daha sonra da bu önceliklendirmelere uygun görülen politikalar değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda atık yönetimi konusunda uygulama eksikliklerinin en önemli sorun alanı olduğu belirlenmiş ve sorunun üstesinden gelmek için dikkat edilmesi gereken politikalar sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Geri Dönüşüm, Dematel, Gri Dematel

Evaluation of problem areas related to the recycling sector via dematel and grey dematel method

ABSTRACT

Currently, people must make well and clean decisions in difficult living and working conditions. To survive in such a Recycling saves energy and raw materials by reducing the consumption of our natural resources, increases job opportunities and contributes to the country's economy by reducing costs. The reason we are quite back in the recycling sector as a country has always been the subject of debate. Identifying correctly the mistakes made in waste management will provide us to tend the right strategy. In this study, the problem areas identified by T.C. Ministry of Science, Industry and Technology related to recycling sector are prioritized by Dematel and Grey Dematel methods. Then, the policies considered appropriate to these priorities were evaluated. As a result of the study, it has been determined that the lack of implementation in waste management is the most important problem area and the policies that should be paid attention from the top of the problem are listed.

Keywords: Recycling, Dematel, Grey Dematel

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author

¹ Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Müh. Bölümü 38039, Kayseri, feyza@erciyes.edu.tr

² Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Müh. Bölümü 38039, Kayseri, cavdarcisumeyye@gmail.com

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Atık malzemelerin farklı kimyasal ve fiziksel süreçlerden geçerek ikincil hammaddeye dönüştürülmesiyle yeniden üretim süreçlerine dahil edilmesine “geri dönüşüm” denilmektedir [1]. Gün geçtikçe tüketimlerimiz, tüketimlerimiz sonucu atıklarımız ve paralelinde çevre sorunlarımız artmakta. Üretilen atıkların çevre ve insan sağlığı için zararsız hale getirilerek ekonomik bir değere dönüştürülmesi için doğal kaynaklarımızın hızla tüketilmesini engellenmeli ve en önemlisi atıklarımızı doğru yönetmeliyiz. Atık yönetiminin en önemli ayağı geri dönüşüm ve çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri olarak bilinmektedir. Atıkların doğru yönetilip geri

dönüşümünü sağlamak için uygun stratejilerin belirlenmesi bu konuya duyarlı teknolojilerin üretilerek uygulanması gerekmektedir. Ayrıca ülke olarak geri dönüşüm sektörüne ilişkin sorun alanlarını iyi tanımlanarak bu sorun alanları üzerine gidilerek sorun olmaktan çıkartılmalıdır.

Günümüzde atıkların “çevreye ve ekonomiye etkileri göz ardı edilen, değersiz, maddi bir külfet olarak algılanıp çöp olarak adlandırmaktan ziyade”, “yeniden değerlendirilip ekonomiye kazandırılabilen, çevre ve ekonomi açısından varlık kavramına çevrilmelidir [2].

T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının hazırlamış olduğu Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planında (2014-2017) [2]. Geri dönüşüm konusu başlı başına ele alınmıştır.

Tablo 1. Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planında belirlenen geri dönüşüm sorun alanları (Recycling problem areas identified in the National Recycling Strategy Document and Action Plan) [2]

GERİ DÖNÜŞÜM SEKTÖRÜNÜN SORUN ALANLARI	
Bilinç Düzeyi ve Farkındalık Sorunu	Atıkların ekonomiye katacağı değer hakkında bilinç eksikliği
	Hane halkının ve sanayicilerin geri dönüşüme yönelik farkındalığının ve çevre bilincinin yetersiz olması
	Sanayicilerin çevre konularını ikinci plana atması
	Atık yönetimine yönelik düzenlenen eğitimlerin yetersizliği
	Bilinç ve farkındalık oluşturma hususunda kamu kurumları-yerel yönetimler-STK'ların yeterli işbirliğini sağlayamaması
İdari ve Hukuki Düzenleme Aksaklıkları	Ekonomik değerleri olan atıkların diğer atıklardan ayrılıp o şekilde toplanmaması
	Mevzuatların talebi ve ihtiyaçları karşılayabilme özelliklerine sahip olmaması
	AB uyumlaştırma sürecinde sektörün masraflarının artmış olup finansal açıdan olumsuz etki altına girmesi
	Mevzuatın etkin biçimde uygulanmaması
	Geri kazanılan ikincil ürünlere ait standartların eksikliği
Altyapı Eksiklikleri	Dönüştürülebilir atık toplama noktalarının yaygın bulunmaması, atıkların olduğu kaynakta ayrı ayrı toplanmaması
	Yerel yönetimlerde teknik ve idari kapasitelerin eksikliği
	Bazı ürün grupları için özel geri dönüşüm tesislerinin bulunması gerekirken bulunmaması ve geri dönüşüm tesislerinin az sayıda olması
Finansman Ve Destekler Hakkındaki Sorunlar	Geri dönüşüm uygulamalarının sanayicilere mali olarak ek yük getirmesi
	Geri dönüştürülebilecek ürünlerin satışlarında karşılaşılan ÖTV problemi
	Atık yönetimi konusunda finansman modelinin bulunmuyor olması
	Teşvik sisteminin ve yönlendirmelerin eksikliği
Atık Yönetimi Hakkında Uygulama Eksiklikleri	Kayıt dışı atık toplamanın ve lisanssız toplanmaların mevcut olması
	Atık yönetimi hususunda uygulanan yaptırım ve cezalandırmaların yetersiz olması ile uygulanan yaptırımların ise istenilen şekilde yürütülememesi,
	Geri dönüşümün etkin hale getirilmesine yönelik kıstasların eksikliği
	Mevzuatın uygulamaya konulmasında personel deneyiminin eksikliği
	Doğru, güvenilir ve güncel istatistiksel verilerin bulunmaması
	Ülkemizin altyapısına uygun hazırlanmamış gerçekçiliği minimum olan yasal uygulamaların oluşu
	Kurumlarda görev dağılımlarının net belirlenmemiş olması ve koordinasyon hususunda eksikliklerin var oluşu

Stratejik planda atık yönetimine dair GFZT (Güçlü, Fırsat, Zayıf, Tehdit)- SWOT analizi mevcuttur. Yapılan GZFT analizi ile tespit edilen zayıf yönlerle tehditleri ele alarak, geri dönüşüm sektöründe sorun olarak görülen başlıklar belirlenmiş ve stratejik plan çalışmasında görevli çalıştay üyelerinin oylamasına sunulmuştur. Bu oylama neticesinde öne çıkan ve müdahale gerektiren sorun alanları ortaya konmuştur. Bu çerçevede geri dönüşüm alanında yaşanan sorunlar Tablo 1'deki gibi belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının Geri dönüşüm sektörüne ilişkin belirlediği sorun alanları DEMATEL, GRİ DEMATEL yöntemleri ile incelenip uygulanması öngörülen politikalar değerlendirildi.

Dünyada üretim-tüketim süreçleri, süreçlerin kalkınmaya etkisi ile çevre sorunları arasındaki ilişki 1970'li yıllardan sonra birçok araştırmaya, kitaba, uluslararası düzeyde toplantıya konu olmuştur. Benzer dönemlerde ülkemizde de çevre kirliliğinin önlenmesi çevre ve sağlık ilişkisi gibi konuların gündeme geldiği görülmektedir. Ancak, çevreyi ve toplumsal yaşamı olumlu etkileme veya

olumsuz etkileri en aza indirme gayesi güden geri dönüşüm davranışlarına ilişkin araştırmaların sayısı ülkemizde oldukça azdır.

Gelişmiş ülkeler incelendiğinde, atıkların %65-55'lik kısmı tümüyle geri dönüştürülerek ekonomiye kazandırılmaktadır [3].

Ülkemizde ise geri dönüşüm oranları hala tam anlamıyla hesaplanamamaktadır. Örneğin T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının hazırlanmış olduğu Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planında (2014-2017) Çevre ve Şehircilik Bakanlığının (ÇSB) verileri yer almaktadır [2]. Tablo 2'de görüldüğü gibi kağıt ve karton için geri kazanım oranı %100 ün üzerine çıkmaktadır. Bu oran matematiksel olarak da mantıksal olarak da kabul edilebilir bir oran değildir ve Strateji planında şu şekilde bir cümle ile açıklanmış; "Ambalaj üretiminde ve ambalajlı olarak piyasaya ürün süren işletmelerin kayıt sistemlerinin tam olmaması nedeni ile; tabloda kağıt ve karton hesaplanan bazı geri kazanımının %100'ün üzerine olduğu görülmektedir."

Tablo 2. 2010 yılı ambalaj ve ambalaj atıklarına ait istatistiksel sonuçlar (Statistical results of 2010 packaging and packaging wastes) [4].

Ambalaj Cinsi	Piyasaya Sürülen Ambalaj Miktarı (ton)	Geri Kazanılan Miktar (ton)	Gerçekleşen Geri Kazanım Oranı (%) [±]
Plastik	812.532	242.039	30
Metal	119.436	64.950	54
Kompozit	67.070	47.502	71
Kağıt Karton	1.024.429	1.423.181	139
Cam	492.626	160.238	33
Toplam	2.516.093	1.937.910	77

Literatürde atık yönetimini ele alan bazı kaynaklar şu şekildedir; Thurgood'a göre atık yönetim sistemlerinin amacı atıkların çevreye zararlı olası etkilerinden arındırılmasıdır. Bu konuda en önemli kriter ise atık yönetim sisteminin sürdürülebilir olmasıdır demiştir [5]. Laustsen sürdürülebilir atık yönetim sistemlerinin temelinde üç yaklaşımın öne çıktığından bahsetmiştir. 3R (Reduce, Re-use, Recycle) yaklaşımı olarak tanımlanan bu hiyerarşiye göre öncelikli olarak atık maddelerin azaltılması için çalışılmalı, sonrasında bu maddelerin yeniden kullanılmasını, son olarak bu maddeler atıkların geri dönüştürülmesi ile ekonomiye yeniden kazandırılmalıdır görüşlerini savunmuştur [6]. Matsumoto'ya göre uygulanması

arzu edilen bir diğer yöntem ise söz konusu ürünlerin yeniden kullanılmasıdır demiştir. Örneğin, ikinci el ürünlerin satın alınması (İkinci el kitap, Bilgisayar vs.) sürecin bu aşamasına örnek olarak verilebilir. Bu iki aşamadan geçen ve halen ekonomiye kazandırılmayan ürünler için ise geri dönüşüm kavramı gündeme gelmektedir. Demografik ve sosyo-ekonomik faktörlerin atık geri dönüşüme verilen destek üzerinde etkili olduğu görülmektedir [7]. Saphores vd., gözlemlerine göre kadınlar, erkeklere; üst gelir grubundaki bireyler, alt gelir grubundaki bireylere; Owens vd., eğitim ve öğretim düzeyi yüksek olan bireylerin daha düşük olan bireylere kıyasla geri dönüşüm faaliyetlerine daha fazla destek vermekte

olduğu ve daha yüksek oranda geri dönüştürme fikrini uygulamaya geçirdiği görülmektedir demıştır [8]. Werner vd.'nin daha yaşlı bireylerin geri dönüşüm uygulamalarına daha fazla destek verdikleri hipotezi ise reddedilmiştir [9]. Kelly'nin öncülüğündeki çalışmada, Massey Üniversitesi'ndeki 1400 öğrenci ve akademik personel üzerine yürüttükleri çalışmalarında üniversite öğrencilerinin ve akademisyenlerinin geri dönüşüme genel anlamda olumlu baktıkları sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca görünürlüğü artırılmış olan geri dönüşüm kutularının üniversitede geri dönüşüm oranını ciddi ölçüde artırabileceği sonucuna ulaşmışlardır [10]. Malakahmad ise yürüttükleri çalışmalarında akademisyen ve öğrencilerin % 80'nin geri dönüşüme destek vermek istedikleri ancak sadece %53'ünün bu fikri uygulamaya geçirebildiği sonucuna ulaşmışlardır. Katılımcıların %83'ü geri dönüşüm noktalarının yetersizliği, %75'i ise geri dönüştürülecek materyal ile uyumlu olmayan geri dönüşüm kutuları nedeniyle geri dönüşümü gerçekleştiremedikleri vurgulanmıştır [11]. Kaplowitz vd. ABD'deki 10 büyük üniversitede yürüttükleri çalışmalarında hangi ürünlerin geri dönüştürülebilir olduğu, nasıl ve nerede geri dönüşüme katkı sağlanabileceğinin bireylere anlatılması durumunda geri dönüşüme olan desteğin önemli ölçüde artacağı sonucuna ulaşmışlardır [12]. Elfithri vd. Kebangsaan Malaysia Üniversitesi'nde yürüttükleri analizlerde akademisyenlerin ofislerinde bulundurulmuş geri dönüşüm kutularının geri dönüşüm oranını artırdığı yönünde bulgulara ulaşmışlardır [13]. Pike vd. Francis Marion Üniversitesi üzerine yürüttükleri bir çalışmada öğrencilere geri dönüşüm faaliyetleri konusunda verilen eğitimlerin geri dönüştürülen materyallerin yüzdesi üzerinde etkili olmadığı ancak öğrencilere verilen geri dönüşüm kutularının geri dönüştürülen materyallerin yüzdesini önemli ölçüde artırdığı sonucuna ulaşmışlardır [14]. Smyth ise University of Baja California (UABC) üniversitesinde yürütülen bir çalışmada günlük atık miktarının 1 ton olduğu ve bu atıkların %65'inin geri dönüştürülebilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır [15].

Son yıllarda Dematel metodunun uygulandığı problemlere göz atılacak olursa;

Türker vd. üniversitelerin bölümlerinin verimliliklerini tespit etmede yer alan kritik başarı faktörlerini bulanık Dematel yöntemi ile belirlemişlerdir [16]. Karaatlı vd. performans

değerlemede Dematel ve bulanık Topsis uygulaması yapmışlardır [17]. Sadegh Javan vd. ticari ortamda bankacılık zorluklarının Dematel tekniğini kullanılarak analizini yapmışlardır[18]. Ilker vd. kablo üretiminde tedarikçileri belirlemek için bütünleşik Dematel -AAS-Vikor yöntemini kullanmışlardır [19]. Özveri vd. Dematel ile bütünleşik ağ tasarımı yöntemiyle hizmet tedarik zincirinin performansının değerlendirilmesini yapmışlardır [20]. Etöz, Düğenci Fuzzy DEMATEL yöntemi ile ERP'nin başarılı uygulanmasında etkili kritik başarı faktörlerinin belirlemişlerdir [21]. Altan vd. lojistik firma belirlemek için bulanık Dematel ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile bütünleşik bir model kurmuşlardır [22]. Bali vd. 3PL tedarikçi belirlemede fuzzy Dematel ve fuzzy TOPSIS ile çok kriterli karar verme çalışmasını yapmışlardır [23]. Eroğlu, Bakım-Onarım faaliyetlerinde bulanık Dematel ve Smaa-2 yöntemleriyle değerlendirilme yapmıştır [24]. Eroğlu'nun bu çalışmada yer literatür incelemesine oldukça uzun yer vermiştir. Zhongmin ve Xizu, gri sistem teorisinin avantajlarını sistem analizi konusunda kullanmışlardır. Aralık gri sayılar kullanıldığı takdirde çok amaçlı çözüm üretebilecek şekilde bir ağ yapısı oluşturup, bu yapıyla kritik yol tespiti yapılabileceğini, nitel ve nicel faktörlerin beraber çözümlenebileceği göstermişlerdir [25]. Tseng ise, hizmet kalitesini ölçüp arttırmak için geliştirdiği bir karar verme sürecine gri DEMATEL metodu ile çözüm aramıştır. İlk olarak üçgensel bulanık sayılarla oluşturduğu alternatifler ve ölçüt ağırlıklarını belirlemiştir. İkinci aşamada, bütün alternatiflerin sıralı olması için gri olasılık derecelerini tanımlamış. Üçüncü aşamada Dematel ile bu kıstaslar arasındaki bağlılıkları belirlemiş, dördüncü ve son aşamada ise müşteri beklentileri yönünden en iyi hizmet kalitesi araçlarını belirlemiş ve seçimini yapmıştır [26]. Arkasından Bai, Sarkis [27] ve Dou, Sarkis [28], Tseng gibi aralık gri sayılarla Dematel uygulaması yapmışlardır. Son yıllarda ise Liang, H., Ren, J., Gao, Z., Gao, S., Luo, X., Dong, L., Scipioni, A., gri Dematel uygulaması yapmıştır [29]. Büyüközkan ve Güteryüz [30] Türkiye için bir yatırımcı bakış açısıyla en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarının seçiminde ANP ve Dematel yöntemlerini kullanmıştır. Şahin ve Hatunoğlu [31] çalışmalarında örnek bir birey grubunun geri dönüşüme yönelik algı düzeylerini ortaya koyarak, geri dönüşümün muhasebeleştirilmesi sürecini açıklamışlardır.

Bu çalışmada da önce Dematel metodu ile çözüm bulunmaya çalışılıp alternatif olarak ise son yıllardaki çalışmalar gibi gri sayılar Dematel uygulamasına entegre edilip bir başka çözüm geliştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri (Multi-Criteria Decision Making)

Birden fazla kriter olup karar verilmesi gereken problemlerde çok kriterli karar verme metodları yol gösterici olmaktadır [32]. Kararların verilmesi ile ilgili yöntemlerin araştırılması her daim güncelliğini korumuştur [33]. Karar verme süreci, eldeki verilerin, karar verenlerin görüşü ve kararın amacı gereği bir alternatifi seçip alternatiflerin sıralanmasını içerir [34].

Problemlerin doğasına en uygun kararlar verebilmek için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan kriterler açısından geri dönüşüm sektörünün sorun alanları arasında bir

sıralama yapabilmek için Dematel–Gri Dematel metodları uygun görülmüştür.

2.2. Dematel Metodu (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method)

Dematel karışık problemleri çözmeye kullanılmak amacıyla Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri programınca 1972 ve 1976 yılları arasında ortaya konulmuştur [35-36].

Dematel metodu literatürdeki kullanımları incelendiğinde genellikle 5 adımdan oluşmaktadır. Yalnız Eroğlu (2004) 6. Adım olarak kriter ağırlıklarını belirlemeyi ilave etmiştir. Dematel yönteminin aşamaları aşağıda açıklanmıştır.

Adım 1: Direk ilişki matrisi D'nin oluşturulması

Uzman gruptan Tablo 3'te belirlenen skalalara göre; "Kriterler birbirlerini hangi düzeyde etkiliyorlar?" sorusuna cevap vermesi istenir ve Tablo 4'te verilen örnekteki gibi n*n boyutunda bir matris elde edilir.

Tablo 3. Kriterleri Karşılaştırma Skalası (Criteria Comparison Scale) [37].

Sayısal Değer Tanım	
0	Etkisi Yok
1	Etkisi Az
2	Etkisi Orta
3	Etkisi Çok
4	Etkisi Çok Fazla

Tablo 4. Direkt İlişki Matrisi Örneği (Direct Relationship Matrix Example)

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5
Kriter 1	0	3	1	1	1
Kriter 2	2	0	1	1	1
Kriter 3	1	1	0	2	3
Kriter 4	4	3	2	0	2
Kriter 5	1	2	4	1	0

$$X = \begin{bmatrix} 0 & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & 0 & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Oluşturulan X direkt ilişki matrisleri eşitlik (2) kullanılarak aritmetik ortalamaları alınarak ve ortalama direkt ilişki matrisi (A) elde edilir. Elde edilen bu matris aynı zamanda karar verici uzman grubun kararıdır.

$$a_{ij} = \frac{1}{H} \sum x_{ij} \quad (2)$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 0 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Adım 2: Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi D'nin oluşturulması 4 ve 5 nolu eşitlikleri ve Direkt-ilişki matrisi (A) kullanılarak normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (D) bulunur. D matrisinde köşegen değerleri 0 olmalıdır ve diğer değerler 0 ve 1 arasında yer almalıdır.

$$S = \max \left(\max \sum_{j=1}^n a_{ij}, \max \sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \quad (4)$$

$$D = \frac{A}{S} \quad (5)$$

Adım 3: Toplam ilişki matrisi T'nin belirlenmesi Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (D) elde edildikten sonra 6 eşitliğinin eşdeğeri 7 eşitliği kullanılarak toplam ilişki matrisi (T) türetilir [39-40].

$$T = D + D^2 + D^3 + \dots \\ = \sum_{i=1}^{\infty} D^i \quad (6)$$

$$T = D(I - D)^{-1} \quad (7)$$

Adım 4: Toplam direkt ilişki matrisi T'nin satır toplamı R ve sütun toplamı C'nin belirlenmesi

$$R_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad (8)$$

$$C_j = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad (9)$$

R+C değeri her bir kriterin diğer kriterle arasındaki pozitif veya negatif ilişkiyi, R-C değeri ise kriterlerin sisteme olan net etkisini gösterir.

Adım 5: Eşik değerinin belirlenerek ve etki-yönlü graf diyagramının çizilmesi

Etki-yönlü graf diyagramı yatay ekseninde R+C, dikey ekseninde R-C olan bir koordinat düzleminde (R+C, R-C) noktalarının gösterilmesiyle elde edilir.

Kullanılacak eşik değerinin değeri (büyüklüğü veya küçüklüğü) kriterler arasındaki ilişkiyi etkileyebilmekte ve çözümün basit veya çok daha karmaşık olmasını sağlar.

Eroğlu Adım 6 olarak kriter ağırlıklarını belirlemekte aşağıdaki eşitlikleri kullanılmasını öngörmüştür [25].

$$w_i = \sqrt{[R_i + C_i]^2 + [R_i - C_i]^2} \quad (10)$$

$$w_i \\ = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (11)$$

2.3. Gri Sistemler (Grey Systems)

Gri sistemler örneklemelerin küçük olduğu ve bilginin yetersiz olduğu problemler için geliştirilmiştir. Konu hakkında fazla tecrübenin bulunmadığı, gerekli verilerin temin edilemediği durumlarda gri sistem teorisi memnun edecek sonuçlar verebilir [41].

Gri kelimesi kesin olmayan ve eksik olan bilgilerin yer aldığı problemlerde kullanılır. Sistemlerin beyaz, gri ve siyah olma durumları farklı açılardan karşılaştırılmalı olarak Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Siyah, Gri ve Beyaz Sistemlerin Karşılaştırılması (Comparison of Black, Gray and White Systems) [41].

	Siyah	Gri	Beyaz
Bilgi	Bilinmiyor	Tam değil	Biliniyor
Görünüm	Karanlık	Gri	Parlak
Süreç	Yeni	Geçiş aşamasında	Eski
Özellik	Keşmekeş	Kompleks	Düzenli
Yöntem	Olumsuz	Değişken	Olumlu
Davranış	Hoşgörü	Tolerans	Katı
Sonuç	Sonuç yok	Birden fazla çözüm	Tek çözüm

Gri teoriler temelde sistemler arası ilişkinin analizinin yapılması, model kurulumu, tahmin yapma ve karar problemlerinde oldukça sık kullanılan yöntemlerden biridir [42]. Gri sistem teorisini gri karar verme, gri kontrol, gri tahminleme, gri üretim, gri modelleme ve gri ilişki analizi olmak üzere altı ana başlıkta incelemek mümkündür [43].

Gri sistem analizi gri sayılar, gri eşitlikler ve/veya gri matrislerle yapılır. Gri sayılar deyince ne siyah ne beyaz olarak arada bir kavram düşünülebilir, değerleri tam olarak sayılarla net ifade edilemeyen ama hangi aralık içinde değer almasının bilindiği sayılardır. Bir alt ve bir üst değere sahip bu sayılar aralık gri sayılar olarak adlandırılabilirler ve $\otimes_1 \in [\underline{a}, \bar{a}]$ ile ifade edilirler. Burda da \otimes gri sayısının alt limit değerini " \underline{a} ", üst limit değerini ise " \bar{a} " ifade eder.

$\otimes_1 \in [a, b]$, $a < b$ ve $\otimes_2 \in [c, d]$, $c < d$ olmak üzere \otimes_1 ve \otimes_2 gri sayıları ile yapılabilen basit 4 işlem de bazı kurallar belirlenmiştir. Bunlar;

- ❖ Toplama : $\otimes_1 + \otimes_2 = [a+c, b+d]$.
- ❖ Çıkartma : $\otimes_1 - \otimes_2 = [a-d, b-c]$.
- ❖ Çarpma : $\otimes_1 * \otimes_2 = [\min \{ac, ad, bc, bd\}, \max \{ac, ad, bc, bd\}]$.
- ❖ Bölme: $\otimes_1 / \otimes_2 = [\min \{a/c, a/d, b/c, b/d\}, \max \{a/c, a/d, b/c, b/d\}]$.

\otimes gri sayısının k sayısı ile skaler çarpımında alt sınır ve üst sınır k ile çarpılır kuralı şu şekildedir;

- ❖ Skaler Çarpım Kuralı: $\otimes \in [a, b]$, $a < b$ ve k pozitif gerçekte iken $k * \otimes = [ka, kb]$ şeklinde hesaplanır [44].

Gri sistemlerde ikili karşılaştırma matrisleri hazırlanırken uzman gruplar Tablo 6'de verilen gri sayılar gibi sayılar kullanılır.

Tablo 6. Kriter Ağırlıkları için kullanılan skala (Scale used for Criterion Weights) [26].

Dilsel İfade	Gri Sayı
Etkisi Yok	[0,0].
Etkisi Az	[0,1].
Etkisi Orta	[1,2].
Etkisi Çok	[2,3].
Etkisi Çok Fazla	[3,4].

2.4. Gri Dematel (Grey Dematel)

Gri Dematel yöntemi kriter değerlendirmede kullanılan gri sayılardan ötürü gri olarak ifade edilmiştir. Dematel metodunu anlatırken kullanılan adımların aynısı gri Dematel için de geçerlidir fakat gri sayılarla yapılan işlemler bakımından fark göstermektedir.

Adım 1: Gri sayılardan oluşan veriler ile direkt ilişki matrisi A'nın elde edilmesi

Gri sistemlerde ikili karşılaştırma matrisleri ($\otimes a_{ij}$ [\underline{a}_{ij} , \bar{a}_{ij}]; $i= 1, 2,3,\dots m,$; $j = 1, 2,3,\dots n,$) gibi gri sayıları kullanarak 3.12’de gösterildiği gibi oluşturulur.

$$A^k = \begin{bmatrix} [0,0] & \otimes a_{12} & \dots & \otimes a_{1n} \\ \otimes a_{21} & [0,0] & \dots & \otimes a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes a_{n1} & \otimes a_{n2} & \dots & [0,0] \end{bmatrix} \quad (12)$$

Adım 2: Normalleştirilmiş gri direkt-ilişki matrisi $\otimes D$ ’nin elde edilmesi

Aşağıdaki 13 ve 14 numaralı eşitlikleri kullanılarak Direkt-ilişki matrisi (A)’dan normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi ($\otimes D$) bulunur.

$$S = \max\left(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}^+, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij}^+\right) \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \otimes D &= [\otimes d_{ij}]_{n \times n} = [d_{ij}^-, d_{ij}^+]_{n \times n} \\ &= \frac{\otimes A}{S} \end{aligned} \quad (14)$$

Adım 3: Toplam ilişki matrisi T’nin elde edilmesi

Aşağıdaki 15-19 numaralı eşitlikler kullanılarak Toplam ilişki matrisi $\otimes T$ elde edilir.

$$\begin{aligned} \otimes T &= [\otimes t_{ij}]_{n \times n} = [t_{ij}^-, t_{ij}^+]_{n \times n} \\ &= \otimes D \\ &\quad + (\otimes D)^2 + \dots + (\otimes D)^\infty \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} T^- &= [t_{ij}^-]_{n \times n} \\ &= D^-(I \\ &\quad - D^-)^{-1} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} T^+ &= [t_{ij}^+]_{n \times n} \\ &= D^+(I \\ &\quad - D^+)^{-1} \end{aligned} \quad (17)$$

$$D^+ = [d_{ij}^+]_{n \times n} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} D^- &= [d_{ij}^-]_{n \times n} \end{aligned} \quad (19)$$

Adım 4: Toplam direkt ilişki matrisinden satır toplamı $\otimes R$ ve sütun toplamı $\otimes C$ ’nin belirlenmesi

$$\otimes R_i = \sum_{j=1}^n \otimes t_{ij} \quad (20)$$

$$\otimes C_j = \sum_{i=1}^n \otimes t_{ij} \quad (21)$$

Gri Dematel yönteminde kriter ağırlıkları $\otimes R_i + \otimes C_i$ ’ye göre belirlenmiştir [29].

Adım 5: Eşik değerinin ayarlanması ve etki-yönlü graf diyagramının oluşturulması

Bu adım sonuçları görselleştirmeyi amaçlar, literatürde bazı çalışmalarda uygulanmış bazılarında uygulanmamıştır. Dematel metodu uygulamasında etki yönlü graf çizilerek etkiler görsel olarak görüldü. Gri Dematel de de benzer bir graf ortaya çıkacaktır.

3. BULGULAR (FINDINGS)

3.1. Dematel Sonuçları (Dematel Results)

Bu çalışmada atık yönetimi konusunda eksiklikler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede çevre mühendislerinden (Çevre Bakanlığında çalışan ve Çevre mühendisliği öğretim üyelerinden) oluşan 5 kişilik bir uzman grup belirlendi. Görüşleri her birine direkt ilişki matrisine doldurmaya yönelik anket soruları ile alındı. Kriterlerimizin kendi aralarındaki bağımlılıkları ise Dematel yöntemi kullanılarak incelendi.

▪ Kriterlerin Belirlenmesi

Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planında (2014-2017) [2] çalıştay katılımcılarının oylaması ile belirlenen sorun alanları 5 kriter olarak (C_i) belirlenmiştir. Bunlar;

1. Bilinç Düzeyi ve Farkındalık: Atık yönetimde bilinçsizlikler ve farkında olunmayan davranışları tanımlar (C_1).

2. İdari ve Hukuki Düzenlemeler: Atık yönetimde İdari ve Hukuki Düzenlemeler yönünden eksiklikleri tanımlar (C_2).

3. Altyapı: Atık yönetiminde altyapı eksikliklerini tanımlar (C₃)

4. Finansman ve Destek: Atık yönetiminde sağlanan Finansman ve Desteklerin eksiklikleridir (C₄)

5. Uygulama: Atık yönetiminde uygulama konusundaki eksiklikleri tanımlar (C₅)

Bölüm 2 de bahsi geçen tüm indis ve değişkenlerin tanımı Tablo 7’de toplu olarak verilmiştir.

Tablo 7. Kullanılan indis ve değişkenlerin tanımı (Definition of indices and variables used)

Notasyon	Anlamı
X	n*n boyutunda Kriterler arası ilişkiyi gösteren matris direkt ilişki matrisi
X _{ij}	i.Kriter ile j. Kriter arasındaki ilişkiyi ifade eden değer
H	Kaç adet X direkt ilişki matrisi örnekleme alındığı
A	Ortalama direkt ilişki matrisi
a _{ij}	i.Kriter ile j. Kriter arasındaki ilişkiyi ifade eden H tane değer
D	Ortalama direkt ilişki matrisinin normalleştirilmiş hali
S	Ortalama direkt ilişki matrisinin satır ve sütun elemanlarının değerce en büyük olan elemanı
T	D normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi kullanılarak hazırlanan Toplam ilişki matrisi
t _{ij}	Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisinin i.satır j.sütun elemanı
I	Birim Matris
R _i	Toplam direkt ilişki matrisi T’nin satır toplamı (Etkileyen Faktör)
C _j	Toplam direkt ilişki matrisi T’nin sütun toplamı (Etkilenen Faktör)
w _{ij}	R _i ve C _j kriterlerinin ağırlıklı ortalaması
⊗ ₁	[a, ā] şeklinde ifade edilen gri sayı gösterimi
a	⊗ gri sayısının alt limit değeri
ā	⊗ gri sayısının üst limit değeri
C _i	Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planında belirlenen geri dönüşüm sorun alanları
C _i C _j	ci. kriterin cj. Kriter arasındaki ilişkinin gri sayı karşılığı
A ^k	Gri sayılardan oluşan direkt ilişki matrisi
⊗D (D ⁻ ,D ⁺)	Normalleştirilmiş gri direkt ilişki matrisi
⊗T (T ⁻ ,T ⁺)	Gri Dematel Toplam İlişki Matrisi
⊗R	Gri Toplam direkt ilişki matrisi T’nin satır toplamı (Etkileyen Faktör)
⊗C	Gri Toplam direkt ilişki matrisi T’nin sütun toplamı (Etkilenen Faktör)

Tablo 8. Örnek Dematel soru şablonu (Sample Dematel question template)

Soru 1- Bilinç Düzeyi ve Farkındalığın İdari ve Hukuki Düzenlemelere etkisi				
Soru 2- İdari ve Hukuki Düzenlemelerin Altyapıya (geri dönüşüm altyapısına) etkisi				
Soru 3-Altyapının (geri dönüşüm altyapısının) Finansman ve Desteklere etkisi				
Etkisi Yok(0)	Etkisi Düşük (1)	Etkisi Orta (2)	Etkisi Yüksek (3)	Etkisi Çok Yüksek (4)

Her bir uzmanın verdiği yanıtlar çerçevesinde Tablo 9’de yer alan örnekteki gibi değerlendirme tabloları elde edilmiştir.

▪ Anket ve veri toplama

Bu değerlendirmede çevre mühendislerinden oluşan uzman bir grup belirlenmiş ve Tablo 8’deki gibi 5 kriterin birbirleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Tablo 9. Örnek Dematel değerlendirme tablosu (Sample Dematel evaluation chart)

C₁C₂	C₁C₃	C₁C₄	C₁C₅
2,00	3,00	3,00	4,00
C₂C₁	C₂C₃	C₂C₄	C₂C₅
3,00	4,00	3,00	4,00
C₃C₁	C₃C₂	C₃C₄	C₃C₅
2,00	2,00	1,00	4,00
C₄C₁	C₄C₂	C₄C₃	C₄C₅
2,00	2,00	4,00	4,00
C₅C₁	C₅C₂	C₅C₃	C₅C₄
2,00	2,00	1,00	2,00

Veriler toplandıktan sonra Dematel adımları uygulamaya konulmuştur.

Adım 1: Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Uzmanların uygun gördükleri puanların aritmetik ortalaması alınarak Tablo 10’da görülen “Direkt İlişki Matrisi” oluşturulmuştur. Tablo 10’un her bir satırının toplamı ile her bir sütun toplamının en

büyük değeri olan “C₂: İdari ve Hukuki Düzenlemeler” satırına ait olan 14,00 değeri “s değeri” olarak kullanılmıştır.

Adım 2: Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi belirlenmesi: Tablo 11’de verilen normalleştirilmiş direct ilişki matrisi bulunmuştur.

Tablo 10. Direkt İlişki Matrisi (Direct Relationship Matrix) (A)

Kriterler	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅	Toplam
C₁	0,00	1,00	1,50	1,75	3,00	7,25
C₂	3,25	0,00	3,75	3,25	3,75	14,00
C₃	2,25	1,50	0,00	1,75	3,25	8,75
C₄	3,00	2,50	3,50	0,00	3,75	12,75
C₅	2,50	2,50	2,00	2,00	0,00	9,00
Toplam	11,00	7,50	10,75	8,75	13,75	

Tablo 11. Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (Normalized direct-relation matrix) (D)

Kriterler	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅
C₁	0,00	0,07	0,11	0,13	0,21
C₂	0,23	0,00	0,27	0,23	0,27
C₃	0,16	0,11	0,00	0,13	0,23
C₄	0,21	0,18	0,25	0,00	0,27
C₅	0,18	0,18	0,14	0,14	0,00

Adım 3: Toplam ilişki matrisi (T) Tablo 12’de verildiği gibi bulunmuştur.

Tablo 12. Toplam İlişki Matrisi (Total Relationship Matrix) (T)

Kriterler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
C ₁	0,30	0,30	0,39	0,36	0,54
C ₂	0,74	0,40	0,74	0,63	0,87
C ₃	0,50	0,36	0,34	0,40	0,62
C ₄	0,68	0,52	0,68	0,41	0,82
C ₅	0,53	0,43	0,49	0,44	0,46

“Toplam İlişki Matrisi” ortalaması alınarak eşik değeri belirlenmiştir. Eşik değeri 0,52 dir. Eşik değerinden büyük matris elemanları Tablo 9’de zemini koyu renklendirilmiştir.

Eşik değerinin belirlenmesi uzman gruba bırakılabildiği gibi Toplam ilişki matrisinin ortalaması alınarak da belirlenebilir. Biz Toplam

ilişki matrisinin ortalamasını alarak belirlemeyi tercih ettik.

Adım 4: Toplam direkt ilişki matrisinden satır toplamı R ve sütun toplamı C’nin belirlenmesi: Sonuçlar Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Etkileyen ve Etkilenen Faktörlerin Grupları (Groups of Affecting and Affected Factors)

KRİTERLER	R	C	R+C	R-C
Bilinç Düzeyi ve Farkındalık	1,89	2,75	4,63	-0,86
İdari ve Hukuki Düzenlemeler	3,38	2,01	5,39	1,38
Altyapı	2,22	2,63	4,86	-0,41
Finansman ve Destek	3,10	2,24	5,34	0,87
Uygulama	2,34	3,32	5,66	-0,97

C₂ (İdari ve Hukuki Düzenlemeler) ve C₄ (Finansman ve Destek) Kriterlerinin **R-C değerleri pozitif** yani sistemi etkileyen konumdadır. C₁ (Bilinç Düzeyi ve Farkındalık), C₃(Altyapı) ve C₅ (Uygulama) kriterlerinin R-C değeri ise negatiftir ve etkilenenler olarak isimlendirilebilirler.

Adım 5: Eşik değerinin belirlenerek ve etki-yönlü graf diyagramının oluşturulması

Etkilenen-etkileyen kriter grupları ve eşik değerine göre elde edilen etki-yönlü graf ise Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Etki-Yönlü Graf Diyagramı

Şekil 1’de görüldüğü gibi geri dönüşüm sektöründe idari, hukuki düzenlemeler ve finansman, destekler diğer kriterleri etkileyen konumdadır. Bu sonuçtan çözümümüzün gerçekçi olduğunun yorumuna varabiliriz. Bir konuda herhangi bir kanuni, idari bir hüküm olması ve finanse edilmesi, desteklenmesi o konuda aşama kaydetmemizi sağlayacaktır.

R,C değerleri belirlendikten sonra kriter ağırlıkları $w_i = \sqrt{[R_i + C_i]^2 + [R_i - C_i]^2}$ formülü ile hesaplanır ve sisteme olan etkisini sayısal olarak görebilmemize yardımcı olur.

Son olarak kriter öncelikleri belirlenir. İlgili formüller ve hesaplamalar yöntem açıklamasında yer aldığı gibi Tablo 14’te de görülmektedir.

Tablo 14. Kriter Ağırlıkları Tablosu (Criterion Weights Table)

KRİTERLER	Kriter Ağırlıkları $w_i = \sqrt{[R_i + C_i]^2 + [R_i - C_i]^2}$	Kriter Ağırlıkları $w_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$	Kriter Öncelikleri
Bilinç Düzeyi ve Farkındalık	4,71	0,179	5
İdari ve Hukuki Düzenlemeler	5,56	0,211	2
Altyapı	4,87	0,185	4
Finansman ve Destek	5,41	0,206	3
Uygulama	5,75	0,218	1
TOPLAM	26,3	1	

Dematel metodu sonucuna göre geri dönüşüm sektöründe **Uygulama** eksikliklerinin önemi diğer kriterlere göre daha önemlidir. Uygulama konusundaki eksiklikleri ise sırasıyla İdari ve Hukuki Düzenlemeler, Finansman ve Destek, Altyapı ve Bilinç Düzeyi ve Farkındalık konularındaki eksiklikler takip etmektedir.

3.2. Gri Dematel Yönteminin Uygulanması

Gri DEMATEL uygulamasında DEMATEL metodu ile aynı adımlar takip edilir fakat gri sayılarla işlem yapılacağından ötürü işlem farklılıkları göz önünde bulundurulur.

Adım 1: Direk ilişki matrisinin oluşturulması

Tablo 15’de görülen “Gri Sayılarla Oluşturulmuş Direkt İlişki Matrisi” Çevre Mühendislerinden oluşan uzman grubun verdiği puanlamaların aritmetik ortalamasıdır.

Tablo 15. Gri Dematel Direk İlişki Matrisi (Gray Dematel Direct Relationship Matrix) (A)

Kriterler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
C ₁	[0,0]	[0,1]	[1,2]	[1,2]	[2,3]
C ₂	[2,3]	[0,0]	[3,4]	[2,3]	[3,4]
C ₃	[2,3]	[1,2]	[0,0]	[1,2]	[2,3]
C ₄	[2,3]	[2,3]	[3,4]	[0,0]	[3,4]
C ₅	[2,3]	[2,3]	[2,3]	[2,3]	[0,0]

Adım 2: Normalleştirilmiş gri direkt-ilişki matrisi belirlenmesi ($\otimes D$)

13 ve 14 eşitlikleri Direkt-ilişki matrisi (A) üzerinde uygulanarak normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi ($\otimes D$) Tablo 16’da verildiği gibi elde edilmiştir.

Tablo 16. Gri Dematel Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (Gray Dematel Normalized direct-relation matrix)($\otimes D$)

Kriterler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
C ₁	0,0 00 0	0,0 00 0	0,0 00 0	0,0 01 4	0,1 01 4
C ₂	0,1 42 9	0,2 14 3	0,0 00 0	0,2 14 3	0,2 02 3
C ₃	0,1 42 9	0,2 14 3	0,0 00 0	0,0 00 4	0,0 00 9

C ₄	0,1 42 9	0,2 14 3	0,1 42 9	0,2 14 3	0,2 14 3	0,2 85 7	0,0 00 0	0,0 00 0	0,2 14 3	0,2 14 7
C ₅	0,1 42 9	0,2 14 3	0,1 42 9	0,2 14 3	0,1 42 9	0,2 14 3	0,1 42 9	0,2 14 3	0,0 00 0	0,0 00 0

Adım 3: Toplam ilişki matrisi T’nin elde edilmesi (T^-, T^+)

Gri sayılar aralık olarak belirtildiğinden dolayı Toplam ilişki matrisi hesaplanırken Dematel’deki gibi bir değil iki adet değer Tablo 17 ve Tablo 18’de verildiği gibi hesaplanmıştır.

Tablo 17. Gri Dematel Toplam İlişki Matrisi (Gray Dematel Total Relation Matrix) (T^-)

Kriterler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
C ₁	0,0784	0,0594	0,1476	0,1268	0,2150
C ₂	0,3081	0,1211	0,3755	0,2654	0,3948
C ₃	0,2375	0,1381	0,1158	0,1529	0,2557
C ₄	0,3081	0,2461	0,3755	0,1404	0,3948
C ₅	0,2760	0,2235	0,2878	0,2408	0,1800

Tablo 18. Gri Dematel Toplam İlişki Matrisi (Gray Dematel Total Relation Matrix) (T^+)

Kriterler	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
C ₁	0,5758	0,5241	0,7267	0,6168	0,8194
C ₂	1,1089	0,7312	1,2027	0,9729	1,2679
C ₃	0,8686	0,6651	0,7222	0,7162	0,9498
C ₄	1,1089	0,9077	1,2027	0,7964	1,2679
C ₅	0,9990	0,8203	1,0402	0,8791	0,9225

Adım 4: Toplam direkt ilişki matrisinden satır toplamı $\otimes R$ ve sütun toplamı $\otimes C$ ’nin elde edilmesi: Sonuçlar Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. Gri Dematel Etkilenen ve Etkileyen Faktör Grupları (Factors Affecting and Affected for Gray Dematel)

Kriterler	$\otimes R$	$\otimes C$	$\otimes R_i + \otimes C_i$	$\otimes R_i - \otimes C_i$
C ₁	0,6272	3,2627	1,2082	4,6611
C ₂	1,4649	5,2836	0,7882	3,6484
C ₃	0,9000	3,9219	1,3023	4,8946
C ₄	1,4649	5,2836	0,9263	3,9814
C ₅	1,2082	4,6611	1,4403	5,2276

R,C değerleri belirlendikten sonra kriter ağırlıkları Dematel yönteminde $w_i = \sqrt{[R_i + C_i]^2 + [R_i - C_i]^2}$ eşitliği ile hesaplanırken literatürdeki GRİ Dematel uygulamalarında $\otimes R_i + \otimes C_i$ ile

belirlenmiştir [44]. Tablo 20’de hesaplamalardan da görüldüğü gibi iki değer zaten bir biri ile orantılıdır.

Tablo 20. Gri Dematel Kriter Ağırlıkları Tablosu (Gray Dematel Criterion Weights Table)

KRİTERLER	Kriter Ağırlıkları $\otimes R_i + \otimes C_i$	Kriter Ağırlıkları $w_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$	Kriter Öncelikleri
Bilinç Düzeyi ve Farkındalık	9,7592	0,1738	5
İdari ve Hukuki Düzenlemeler	11,1852	0,1992	3
Altyapı	11,0188	0,1962	4
Finansman ve Destek	11,6562	0,2076	2
Uygulama	12,5372	0,2233	1
TOPLAM	56,1565	1	

Gri Dematel metodu sonucuna göre de geri dönüşüm sektöründe Dematel sonucunda olduğu gibi **Uygulama** eksikliklerinin önemi diğer kriterlere göre daha önemlidir. Uygulama

konusundaki eksiklikleri ise sırasıyla Finansman ve Destek, İdari ve Hukuki Düzenlemeler, Altyapı ve Bilinç Düzeyi ve Farkındalık konularındaki eksiklikler takip etmektedir (Tablo 21).

Tablo 21. Dematel – Gri Dematel Kriterler Öncelik Sıralaması (Dematel - Gray Dematel Criteria Priority Ranking)

KRİTERLER	DEMATEL Kriterler Önceliği	GRİ DEMATEL Kriterler Önceliği
Bilinç Düzeyi ve Farkındalık	5	5
İdari ve Hukuki Düzenlemeler	3	2
Altyapı	4	4
Finansman ve Destek	2	3
Uygulama	1	1

4. TARTIŞMA VE SONUÇ (CONCLUSIONS AND RESULTS)

Bir düşüncüyü aktarabilmek için anlatılmak istenen kavramın ya da problemin nicel özelliklerinden yararlanmak her zaman daha etkileyici ve anlamlıdır yani bir konu ile ilgili istatistiksel bilgileri, anketleri, araştırmaları paylaşmak kısaca sayısal verilerden yararlanmak o konuyu daha anlaşılır hale getirir. Ayrıca çalışma hayatında yöneticilerimizi sayılarla ikna etmenin daha kolay olduğu herkes tarafından bilinegelen bir klişe ama doğru bir ifadedir.

Bu çalışmada geri dönüşüm konusunda belirlenen sorun alanlarının önem derecelerini sezgisellikten kurtarıp somutlaştırmaya çalışıldı. Problem çözümünde sayısal verilerden ve Dematel metodundan faydalandı. Dematel metodunun avantajı; kriterler arası ilişkileri ve ilişkilerin derecesini inceleyen, “sebe-sonuç, etkileyen-etkilenen hangi kriterdir?” sorusunu cevaplayan etkili bir yöntem olmasıdır.

Fakat bir araştırma yapılırken uzmanlardan alınan dilsel ifadeler net rakamlarla ifade edilmektense bir aralık içinde olabiliyor. Bu gibi durumlarda uzman değerlendirmeleri gri sayılarla yapıldığı takdirde sistem daha güvenilir hale gelmekte. Yani bulanık mantıkta kullanılan dilsel ifadeler yerine

uzman değerlendirmelerinin gri sayılarla yapılmasıyla uzmanlardan daha net bilgi alınmakta bu da yapılan değerlendirmelerde güvenilirliği artırmaktadır. Bu yüzden DEMATEL metodu ile çözülen problem bir de Gri DEMATEL ile çözüldü yani Gri DEMATEL'in esnek yapısı probleme uyarlandı. Böylelikle problemdeki belirsiz yapı test edilip sonuçların bu belirsizliği hangi derecede duyarlı olduğunu görüldü.

Bu çalışmada geri dönüşümün zayıf yönleri olarak belirlenen 5 kriter arasından **Uygulama** konusunun sıralamada 1. Sırada yer aldığını Dematel ve Gri Dematel metotları ile görüldü. Yani atık yönetimi konusunda uygulama eksiklikleri başı çekmektedir. Sonuncu yani 5. Sırada yer alan Bilinç düzeyi ve farkındalık kriteri iki yöntemde de aynı sırada belirlenmiştir. Gri Dematel ile Dematel yönteminin sonuçlarındaki farklılık ara sıralamalarda değişkenlik göstermiştir.

T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının hazırlamış olduğu **Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planında** belirlenip Geri dönüşüm sektöründe uygulama eksiklikleri konusunda izlenmesi gereken politikalar şu şekildedir;

- ❖ Geri dönüşüm sektörüne katkı sağlayan firmalar kayıt altına alınmalıdır.
- ❖ Denetimlerin sayısı artırılmalıdır.
- ❖ Geri dönüştürülebilen atıkların düzenli depolama alanlarına alınmasını engelleyen mevzuatın daha etkin biçimde uygulamaya alınmalıdır.
- ❖ Yerel yönetimlerin daha etkili denetimleri ile özel sektörün konuya daha duyarlı olmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.
- ❖ Belediyelerin yetki, sorumluluk ve yükümlülüklerini yerine getirme hususunda ilgili kuruluşlarca denetimlerinin ve yaptırımlarının artırılması sağlanmalıdır.
- ❖ Kurumlar arası koordinasyonu arttırıp ve işbirliği oluşturacak bir sistem hazırlanıp kurum ve kuruluşlar atık yönetimi konusunda örgütlenmelidir.
- ❖ Kayıt dışı toplayıcılığı önlemek için atık verileri ve istatistikleri konusunda kamu ile özel sektör işbirliği ile ortak veri tabanları oluşturulmalıdır.

- ❖ Etkili sonuçlar veren bir denetim ve uygulama için deneyimli uzmanların alımı yapılmalı ve personelin yetenek ve kapasiteleri artırılmalıdır.

İleriki çalışmalarda Strateji planında atık yönetiminde yaşanan diğer sorun alanları ve izlenmesi gereken diğer politikalar da önerilen yöntemlerle analiz edilerek öncelikli alanları ve izlenmesi gereken öncelikli politikalar da belirlenebilir.

Sonuç olarak insanlara, hayatlarında en önemli olan şeyleri sıraladıklarında hiç şüphesiz sağlık kelimesi ilk sıralarda yer alacaktır. Sağlıklı olabilmenin de yaşanan çevre ile ilişkisi birçok araştırma ile sabittir. Atıkların oluşturulması ile başlayan atık yönetimi konusuna gerekli hassasiyet gösterilmelidir. Bu çalışmada atık yönetimi ve geri dönüşüm konusundaki aksaklıklara ÇKKV teknikleri olan Dematel ve Gri Dematel yöntemleri ile dikkat çekmeye çalışıldı.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] S. Büyüksaatçı, T. Küçükdeniz ve Ş. Esnaf, "Geri Dönüşüm Tesislerinin Yerinin Gustafson-Kessel Algoritması-Konveks Programlama Melez Modeli Tabanlı Simülasyon İle Belirlenmesi", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13: 1-20, 2008.
- [2] T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, "Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı", 2014-2017.
- [3] N. Tojo, ve C. Fischer, "Europe as a Recycling Society: European Recycling Policies in relation to the actual recycling achieved", *European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production*, ETC/SCP working paper 2/2011.
- [4] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇSB), Çevre ve Şehircilik Bakanlığının basılmamış verileri, 2013.
- [5] M. Thurgood, Ed., "Decision-maker's guide to solid waste landfills: summary. transport, water and urban development department", *The World Bank*, Washington, D.C. Retrieved, 1999.
- [6] G. Laustsen, "Reduce-recycle-reuse: guidelines for promoting perioperative

- waste management”, *AORN Journal*, 85(4), 717–722, 2007.
- [7] S. Matsumoto, “Waste separation at home: are Japanese municipal curbside recycling policies efficient?”, *Conservation and Recycling*, 55, 325–334, 2011.
- [8] J.Owens, S. Dickerson ve D. L. Macintosh, “Demographic covariates of residential recycling efficiency”, *Environment and Behavior*, 32(5), 637–650, 2000.
- [9] C. M. Werner, ve E. Makela, “Motivations and behaviors that support recycling”, *Journal of Environmental Psychology*, 18(4), 373–386, 1998.
- [10] T.C. Kelly, I.G. Mason, M.W. Leiss ve S. Ganesh, “University community responses to on-campus resource recycling”, *Resources Conservation and Recycling*, 47, 42–55, 2006.
- [11] A. Malakahmad, M. Z. Z. Nasir, S.R.M. Kutty, ve M.H. Isa, “Solid waste characterization and recycling potential for university technology petronas academic buildings”, *American Journal of Environmental Sciences*, 6(5), 422–427, 2010.
- [12] M.D. Kaplowitz, F.K. Yeboah, L. Thorp ve A.M. Wilson, “Garnering input for recycling communication strategies at a big ten university”, *Conservation and Recycling*, 53,612–623, 2009.
- [13] R. Elfithri, T.K. Ghee, N.E.A. Basri ve S. N. Zain, “Integrated paper recycling management system in UKM campus”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 60, 556–561, 2012.
- [14] L. Pike, T. Shannon, K. Lawrimore, A. Mcgee, M. Taylor ve G. Lamoreaux, “Science education and sustainability initiatives: a campus recycling case study shows the importance of opportunity”, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 4, 218–229, 2003.
- [15] D.P. Smyth, A.L. Fredeen ve A. L. Booth, “Reducing solid waste in higher education: the first step towards greening’a university campus”, *Resources Conservation and Recycling*, 54, 1007–1016, 2010.
- [16] T. Türker, M. Etöz ve Y. Türker, “Üniversitelerde Bölüm Etkinliklerinin Ölçülmesinde Kullanılan Kritik Başarı Faktörlerinin Bulanık DEMATEL Yöntemi ile Belirlenmesi”, *Dergipark*,4,1, 2016.
- [17] M. Karaatli, N. Ömürbek, E. Isik ve E. Yılmaz, “Performans Değerlemede DEMATEL ve Bulanık TOPSIS Uygulaması”, *Ege Akademik Bakis*, Izmir 16,1:49-64, 2016.
- [18] M.S.F. Javan ve S. F. Javan, “Analysis Of The Banking Challenges In The Business Environment Using Dematel Technique”, *ICASE Conference*,2015.
- [19] M. Ilker, H. Göksen ve M.A. Tuncer, “Kablo Sektöründe Tedarikçi Seçimi İçin Bütünleşik DEMATEL-AAS-VIKOR Yönteminin Kullanılması”, *Ege Akademik Bakis*; Izmir 15.2: 285-300, 2015.
- [20] O. Özveri, P. Güçlü ve E. Ayçin, “Evaluation Of Service Supply Chain Performance Criteria With Danp Method”, *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 2, 4,2015.
- [21] M. Etöz ve M. Düğenci, “Determination Of Effective Critical Success Factors In Successful Implementation Of ERP By Using Fuzzy Dematel Method”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20,1, 115-126, 2015.
- [22] Ş. Altan ve E. A. Karaş “Bulanık Dematel ve Bulanık Topsis Yöntemleri İle Üçüncü Parti Lojistik Firma Seçimi İçin Bütünleşik Bir Model Yaklaşımı”, *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 20 Issue 3, 99-119,2015.
- [23] Ö. Bali, S. Tütün, A. Pala, ve C. Çörekçi, “3PL Sağlayıcı Seçimi İçin Bulanık Dematel Ve Bulanık Topsis İle Mcdm Yaklaşımı”, *Sigma* 32, 222-239, 2014.
- [24] Ö. Eroğlu, “Assessment of Maintenance/Repair Alternatives with The Fuzzy DEMATEL and SMAA-2 Methods”, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 2014.
- [25] E. Aydemir, F. Bedir ve G. Özdemir, “Gri Sistem Teorisi Ve Uygulamaları: Bilimsel Yazın Taraması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C.18, S.3, S.187-200, 2013.

- [26] M. L. Tseng, “A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach.”, *Expert Systems with Applications*, 36, 7738–7748, 2009.
- [27] C. Bai ve J. Sarkis, “A grey-based DEMATEL model for evaluating business process management critical success factors”, *International Journal of Production Economics*, 146 (1), 281-292, 2013.
- [28] Y. Dou, ve J. Sarkis, “A multiple stakeholder perspective on barriers to implementing China RoHS regulations”, *Resour. Conserv. Recycl.* 81, 92-104, 2013.
- [29] H. Liang, J. Ren, Z. Gao, S. Gao, X. Luo, L. Dong ve A. Scipioni, “Identification of critical success factors for sustainable development of biofuel industry in China based on grey DEMATEL”, *Journal of Cleaner Production* 131,500-508, 2016.
- [30] G. Büyüközkan, S. Güleriyüz, “An integrated Dematel-ANP Approach for renewable energy resources selection in Turkey”, *International Journal of Production Economics*, 182, 435-448, 2016.
- [31] S. Şahin ve Z. Hatunoğlu, “Geri Dönüşüm Sistemlerine Yönelik Algı Düzeyi, Finansmanı ve Muhasebesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Örneği”, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt 12, Yıl 12, Sayı 2, 2016.
- [32] C.C. Yang ve Chen, B.S., “Key quality performance evaluation using fuzzy AHP”, *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 21-6, 543-550, 2004.
- [33] Ö. Eroğlu, “Bakım/onarım alternatiflerinin bulanık DEMATEL ve SMA-2 Yöntemleri ile değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2014.
- [34] C. Zopounidis, “MCDA methodologies for classification and sorting”, *European Journal of Operational Research*, 138, 227–228, 2002.
- [35] E. Fontela ve A. Gabus, “DEMATEL, innovative methods. Report no. 2 structural analysis of the world problematique”, *Battelle Geneva Research Institute*, 67-69, 1974.
- [36] C.W. Li ve G. H. Tzeng, “Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall” *Expert Systems with Applications*, 36: 9891–9898, 2009.
- [37] S. Dey, A. Kumar, A. Ray ve B. B. Pradhan, “Supplier Selection: Integrated Theory using DEMATEL and Quality Function Deployment Methodology”, *Procedia Engineering*, 38, 3560-3565, 2012.
- [38] Y. Çınar, “Kariyer Tercihi Probleminin Yapısal Bir Modeli ve Riske Karşı Tutumlar: Olasılıklı DEMATEL Yöntemi Temelli Bütünleşik Bir Yaklaşım”, *Sosyoekonomi*,1,158-186,2013.
- [39] W.H. Tsai ve W.C. Chou “Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP”, *Expert Systems with Applications*, 36: 1444–1458, 2009.
- [40] Y. J. Chiu, H. C. Chen, G. H. Tzeng, ve J. Z. Shyu, “Marketing strategy based on customer behaviour for the LCD-TV”, *International Journal and Decision Making*, 7(2/3): 143–165, 2006.
- [41] Liu, ve Y., Lin, “Grey Information”, *Theory and Practical Applications*, Springer, 11-21, 2006.
- [42] K.L. Wen, “Grey Systems: Modeling and Prediction, Tucson”, USA, *YangSky Scientific Press*, 2004.
- [43] E. Kose, I. Temiz S. Erol, “Grey System Approach for Economic Order Quantity Models Under Uncertainty”, *The Journal of Grey System*, 1:71-82, 2011.
- [44] E. Kose, H.S. Aplaç, ve M.Kabak, “Personel Seçimi için Gri Sistem Teori Tabanlı Bütünleşik Bir Yaklaşım” *Ege Academic Review*,13(461-471), 2013.