

## Toprak Mikrobiyoloji Laboratuvarlarında Güvenlik Önlemlerine göre Tehlikelerin Sıralanması

Melek IŞIK\*<sup>1</sup> ORCID 0000-0001-6078-7026

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 13.03.2024

Kabul tarihi: 27.06.2024

Atıf şekli/ How to cite: IŞIK, M., (2024). Toprak Mikrobiyoloji Laboratuvarlarında Güvenlik Önlemlerine göre Tehlikelerin Sıralanması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(2), 385-390.

### Öz

Laboratuvar faaliyetleri gerçekleştiren kurum ve kuruluşlarda güvenlik önlemleri önemli hale gelmektedir. Güvenlik önlemleri için fiziksel, kimyasal ve biyolojik tehlikelerin sıralanması tedbirler açısından önemlidir. Bu çalışmada, toprak mikrobiyoloji laboratuvarı için güvenlik önlemlerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle ağırlıklandırılması yapılmıştır. Güvenlik önlemleri biyogüvenlik kabini, çıkışa yakın el yıkama için lavabo, otoklav, laboratuvar güvenlik personeli, kendiliğinden kapanan kapı ve korumalı penceredir. Sonrasında, bu güvenlik önlemleri için fiziksel, kimyasal ve biyolojik tehlikeler Gerçekliği Yansıtan Eleme ve Seçim (ELECTRE-Elimination and Choice Translating Reality) yöntemiyle sıralanmıştır. Sonuç olarak, fiziksel tehlikelerin en çok dikkat edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak mikrobiyoloji laboratuvarı, Analitik hiyerarşi prosesi (AHP), Gerçekliği yansıtan eleme ve seçim (ELECTRE)

### Ranking of Hazards According to Safety Precautions in Soil Microbiology Laboratories

#### Abstract

Security measures are becoming important in institutions and organizations that carry out laboratory activities. Listing physical, chemical and biological hazards is important for safety precautions. In this study, safety measures for the soil microbiology laboratory were weighted using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. Safety measures include a biosafety cabinet, a sink for hand washing near the exit, an autoclave, laboratory security personnel, a self-closing door and a protected window. Afterwards, physical, chemical and biological hazards for these security measures were listed using the Elimination and Choice Translating Reality (ELECTRE) method. As a result, it was concluded that physical hazards should be paid the most attention.

**Keywords:** Soil microbiology laboratory, Analytical hierarchy process (AHP), Elimination and choice translating reality (ELECTRE)

\*Sorumlu yazar (Corresponding Author): Melek IŞIK, demirtasm@cu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Günlük hayatta pek çok tehlike ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bazı tehlikeler hafif şiddette önlenebilir bazıları ise önlenemese de hafifletilebilir tehlikelerdir. Tehlikelerin sonucunda güvenlik önlemleri alınmadığında maddi veya manevi hasarlar olmaktadır. Kurallar koyularak tehlikelerden korunmak ve önlemler almak gerekmektedir. Kurallara uymak ve tehlikeleri yönetebilmek laboratuvar faaliyetleri için önemli hale gelmektedir.

Analiz hizmeti veren bir laboratuvarın doğru ve güvenilir sonuç elde etmesi yanında laboratuvar çalışmasının ve çevrenin güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Özellikle, toprak mikrobiyoloji laboratuvarında standartları ortaya koyan ve yeni standartların geliştirilmesi için gelecekte gerçekleştirilecek olası araştırma çabalarına ışık tutulmaktadır [1]. Tıbbi mikrobiyoloji laboratuvarları ise hastalık riski yaratabilecek önemli bir çalışma çevresi olmaktadır [2]. Günay ve arkadaşları [3], ergonomik farkındalığı sağlamak için mikrobiyoloji laboratuvarı personeline yönelik çalışma sırasında ortaya çıkan sorunları belirleyip en aza indirmek için önerilerde bulunmuşlardır. Pipetle çalışma, mikroskop ile çalışma ve biyogüvenlik kabin ile ilgili sorular yöneltilmiş mikrobiyoloji laboratuvarlarında esas olan, sorunlar ve nedenleri ile ilgili değerlendirmelerde bulunulmuştur. Şahin ve arkadaşları [4], yapay zeka çalışma prensip ve yöntemleri gözden geçirilerek klinik mikrobiyoloji ve antibiyotik direncinin işlenmesi konusunu irdeleyen klinik çalışmalar incelenmiştir.

Karar sürecini kriterlere göre modelleme ve karar vericinin süreç sonunda elde edeceği faydayı analiz etme sürecine dayanan çok kriterli karar verme teknikleri mevcuttur. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve ELECTRE bu yöntemler içerisinde popülerdir. Kaya ve Kahraman [5], çevresel etki kentsel endüstriyel planlama bağlamında entegre bulanık AHP-ELECTRE yaklaşımına dayanan bir çevresel etki değerlendirme metodolojisi önermektedir. Önerdikleri metodolojide kriter ağırlıkları bulanık bir AHP prosedürü ile üretilmektedir. Alternatifleri en riskliden en az

riskliye doğru sıralamak için bulanık baskınlık ilişkisi metodolojisi kullanmışlardır. Aziz ve arkadaşları [6], Loukkos havzasının sınıflandırılmış uydu görüntülerini çıkarmışlar, bu uydu görüntülerinin sınıflandırılması, yığılma, barajlar, su yolları, ekili alanlar, çıplaklık gibi veri setinin çeşitli sınıflarını yeniden gruplandırmışlardır. Bu çalışmanın temel amacı, on alternatifin dikkate alındığı ELECTRE TRI aracını kullanarak çevresel göstergeleri sıralamaktır. Altıntaş [7], küresel yeşil büyüme endeksi boyutlarına ait değerler için dünya ekonomisinin büyük çoğunluğuna hâkim olan G7 ülkelerinin en son ve güncel olan 2019 yılı yeşil büyüme performanslarını Entropi tabanlı ELECTRE yöntemi ile ölçmüştür. Küresel yeşil büyüme endeksi boyutlarının önemlilik dereceleri ölçülmüş ve bu derecelere göre yeşil ekonomik fırsatlar, sosyal içerik, doğal sermayenin korunumu ve sürdürülebilir enerji kullanımı olarak sıralanmıştır.

Laboratuvar güvenliğinin temel ilkelerini güvenlik faaliyetleri oluşturmaktadır. Genel olarak, laboratuvarında her personel, kendisine verilen görevleri yerine getirmek ve prosedürü izlemek için rol ve uzmanlıklarına göre mümkün olan her şeyi yapmakla yükümlüdür. Bu çalışmada, toprak mikrobiyoloji laboratuvarı için güvenlik önlemlerinin AHP yöntemiyle ağırlıklandırılması biyogüvenlik kabini, çıkışa yakın el yıkama için lavabo, otoklav, laboratuvar güvenlik personeli, kendiliğinden kapanan kapı ve korumalı pencere olmak üzere incelenmiştir. Güvenlik önlemleri için fiziksel, kimyasal ve biyolojik tehlikeler ELECTRE yöntemiyle sıralanmıştır.

## 2. YÖNTEM

Bu çalışmada, toprak mikrobiyoloji laboratuvarı için güvenlik önlemleri AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmış tehlikeler ise ELECTRE yöntemiyle sıralanmıştır. AHP, orijinal olarak Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir [8]. AHP uygulamasının adımları aşağıdaki gibidir;

- Karar verme problemi tanımlanır.
- Faktörler arası karşılaştırma matrisi oluşturulur.

- Faktörlerin yüzde önem dağılımları belirlenir.
- Faktör kıyaslamalarındaki tutarlılık ölçülür.
- Her bir faktör için karar noktasındaki yüzde önem dağılımları bulunur.

ELECTRE yöntemi ilk olarak 1966 yılında Benayoun ve ark. [9] tarafından kullanılmıştır. Aşağıda, ELECTRE yönteminin adımları yer almaktadır [10].

- Karar matrisi oluşturulur.
- Standart karar matrisi Eşitlik (1) kullanılarak hesaplanır. Örneğin, Y matrisinin y<sub>11</sub> elemanını hesaplamak için, B matrisinin b<sub>11</sub> elemanı, matrisin bir sütun elemanlarının karelerinin toplamının kareköküne bölünerek elde edilir.

$$y_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^r b_{kj}^2}} \quad (1)$$

- Ağırlıklı standart karar matrisi, standart karar matrisinin her bir sütunundaki elemanlara karşılık gelen ağırlık değerlerinin çarpılmasıyla oluşturulur. AHP yöntemi bu ağırlıklar için en popüler olanıdır.
- Kümelerin uyum ve uyumsuzluk değerleri belirlenir. Değerlendirme faktörü için karar noktaları bir diğeri ile karşılaştırılır.
- Uyum ve uyumsuzluk matrisi hesaplanır.

Uyum indeksi ( $m_{kl}$ ) uyum kümesinde yer alan kriterlerle ilişkili ağırlıkların toplamıdır.

Uyumsuzluk matrisi endeksi ( $n_{kl}$ ) Eşitlik (2)'de tanımlanmıştır.

$$n_{kl} = \frac{\max_{j \in N_{kl}} |z_{kj} - z_{lj}|}{\max_j |z_{kj} - z_{lj}|} \quad (2)$$

- Uyum ve uyumsuzluk üstünlük matrislerinin boyutu r\*c'dir. Uyum eşik değeri Eşitlik (3) ve uyumsuzluk eşik değeri Eşitlik (4) ile elde edilir.

$$\underline{m} = \frac{1}{r(r-1)} \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^r m_{kl} \quad (3)$$

$$\underline{n} = \frac{1}{r(r-1)} \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^r n_{kl} \quad (4)$$

- Baskınlık matrisi, uyum ve uyumsuzluk matrisleri eşik değerinden daha fazla veya daha az olmasına bağlı olarak 1 veya 0 değerlerine göre oluşturulur.
- Karar noktalarının önem sırası belirlenir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Toprak mikrobiyoloji laboratuvarlarında kurallara uyulması önemlidir. Bu çalışmada güvenlik önlemleri, biyogüvenlik kabini, çıkışa yakın el yıkama için lavabo, otoklav, laboratuvar güvenlik personeli, kendiliğinden kapanan kapı ve korumalı pencere olarak belirlenmiştir [11]. Biyogüvenlik uygulamalarında, laboratuvara giriş-çıkış sınırlamasına uyulması önemlidir. Laboratuvar da elleri dezenfekte amacıyla el yıkama lavabosu yer almalıdır. Otoklav ile basınç yardımıyla arındırma işlemi yapılmalıdır. Laboratuvar güvenlik personeli süreci takip etmelidir. Laboratuvar ana girişinden otomatik kapılar bulunmalıdır ve temiz alan ile kirli alan sınırlandırılmalıdır. Ayrıca, tedbir amaçlı korumalı pencere olmalıdır.

Güvenlik önlemleri belirlendikten sonra hangi tehlikelerin neden olduğu incelenmiştir. Fiziksel tehlikeler, elektrik, yangın, düşme – kayma ve gürültü olarak düşünülmektedir. Mikrobiyoloji laboratuvarlarında bazı maddeler içerisinde kimyasal tehlikeler içermektedirler. Biyolojik tehlikeler, numunelerin analiz çalışmaları sırasında tüplerin açılması veya kesici delici alet kullanılması durumları biyolojik risklere neden olmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Laboratuvar tehlike ve önlemleri

Çizelge 1’de, toprak mikrobiyoloji laboratuvarı için güvenlik önlemlerinin ağırlık değerleri gösterilmiştir. AHP yöntemi kullanılarak beyin fırtınası tekniği ile puanlar belirlenmiştir ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Laboratuvarlarda deneyimli uzmanlar tarafından skorlar verilmiştir. Ağırlıklar sırayla, biyogüvenlik kabini 0,49, çıkışa yakın el yıkama için lavabo 0,22, otoklav 0,15, laboratuvar güvenlik personeli 0,07, kendiliğinden kapanan kapı 0,05 ve korumalı

pencere için 0,03 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, biyogüvenlik kabini en önemli güvenli önlem olarak karşımıza çıkarken korumalı pencere en düşük önlem olarak sonuçlanmıştır. Tutarlılık indeksi 0,08 değeri ile 0,1’den küçük olduğu için değerler tutarlı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 1. Güvenlik önlemlerinin ağırlık değerleri

Güvenlik Önlemleri	Ağırlık
Biyogüvenlik kabini	0,49
Çıkışa yakın el yıkama için lavabo	0,22
Otoklav	0,15
Laboratuvar güvenlik personeli	0,07
Kendiliğinden kapanan kapı	0,05
Korumalı pencere	0,03

ELECTRE yöntemini uygulayabilmek için Çizelge 2’de karar matrisi oluşturulur. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik tehlikelere karşı alınacak önlemler için skorlar belirlenmiştir. Değerler, Eşitlik (1) formülüne göre hesaplanarak standart karar matrisi elde edilmiştir (Çizelge 3). Ağırlıklı standart karar matrisi, standart karar matrisinin her bir sütunundaki elemanlara karşılık gelen ağırlık değerlerinin çarpılmasıyla Çizelge 4 oluşturulmuştur.

Çizelge 2. Karar matrisi

Ağırlık	0,49	0,22	0,15	0,07	0,05	0,03
Önlemler/tehlikeler	Biyogüvenlik kabini	Çıkışa yakın el yıkama için lavabo	Otoklav	Laboratuvar güvenlik personeli	Kendiliğinden kapanan kapı	Korumalı pencere
Fiziksel	3	9	7	9	8	9
Kimyasal	9	8	6	7	9	7
Biyolojik	8	7	8	5	6	8

Çizelge 3. Standart karar matrisi

Önlemler/tehlikeler	Biyogüvenlik kabini	Çıkışa yakın el yıkama için lavabo	Otoklav	Laboratuvar güvenlik personeli	Kendiliğinden kapanan kapı	Korumalı pencere
Fiziksel	0,24	0,65	0,57	0,72	0,59	0,65
Kimyasal	0,73	0,57	0,49	0,56	0,67	0,50
Biyolojik	0,64	0,50	0,66	0,40	0,45	0,57

**Çizelge 4.** Ağırlıklı standart karar matrisi

Ağırlık	0,49	0,22	0,15	0,07	0,05	0,03
Önlemler/tehlikeler	Biyogüvenlik kabini	Çıkışa yakın el yıkama için lavabo	Otoklav	Laboratuvar güvenlik personeli	Kendiliğinden kapanan kapı	Korumalı pencere
Fiziksel	0,12	0,14	0,09	0,05	0,03	0,02
Kimyasal	0,36	0,13	0,07	0,04	0,03	0,02
Biyolojik	0,32	0,11	0,10	0,03	0,02	0,02

Değerlendirme faktörü için karar noktaları bir diğeri ile karşılaştırılması ile Çizelge 5’de gösterilmiştir. Uyum ve uyumsuzluk kümesi satırların her bir kriter için değerlendirilmesiyle bulunmaktadır. Uyum kümesinde olan değerlerin dışında kalanlar uyumsuzluk kümesi elemanı içerisinde yer almaktadır.

**Çizelge 5.** Değerlerin karşılaştırılması

Uyum kümesi		Uyumsuzluk kümesi	
c12	2,3,4,5,6	d12	1
c13	2,4,5,6	d13	1,3
e21	1,5,6	d21	2,3,4
e23	1,2,4,5,6	d23	3
c31	1,3,6	d31	2,4,5
c32	3,6	d32	1,2,4,5

Çizelge 6’da oluşturulan uyum kümelerinden seçilen kriterlerin AHP ağırlıkları toplanarak oluşturulmuştur. Sırayla, fiziksel tehlikelerin, 0,52 ve 0,37, kimyasal tehlikeler için, 0,57 ve 0,86 ve son olarak biyolojik tehlikede 0,67 ve 0,18 çıkmıştır.

**Çizelge 6.** Uyum matrisi

Tehlikeler	Fiziksel	Kimyasal	Biyolojik
Fiziksel	-	0,52	0,37
Kimyasal	0,57	-	0,86
Biyolojik	0,67	0,18	-

Uyumsuzluk matrisi, uyumsuzluk kümesi içinden Eşitlik (2) ile oluşturulmuştur. Fiziksel tehlikelerin, 1, kimyasal tehlikeler için, 0,08 ve 0,75 ve son olarak biyolojik tehlikede 0,15 ve 1 bulunmuştur (Çizelge 7).

**Çizelge 7.** Uyumsuzluk matrisi

Tehlikeler	Fiziksel	Kimyasal	Biyolojik
Fiziksel	-	1	1
Kimyasal	0,08	-	0,75
Biyolojik	0,15	1	-

Eşitlik (3) ve Eşitlik (4) ile hesaplanan uyum üstünlük değeri 0,52 ve uyumsuzluk üstünlük değeri 0,66 çıkmıştır. Çizelge 6’da gösterilen uyum matrisinde 0,52 değerine büyük veya eşit değerler Çizelge 8’de 1 olarak, küçük olan değerler de 0 olarak belirtilmiştir.

**Çizelge 8.** Uyum üstünlük matrisi

Tehlikeler	Fiziksel	Kimyasal	Biyolojik
Fiziksel	-	1	0
Kimyasal	1	-	1
Biyolojik	1	0	-

Çizelge 7’de gösterilen uyumsuzluk matrisinde 0,66 değerine büyük veya eşit değerler Çizelge 9’da 1 olarak, küçük olan değerler de 0 olarak belirtilmiştir.

**Çizelge 9.** Uyumsuzluk üstünlük matrisi

Tehlikeler	Fiziksel	Kimyasal	Biyolojik
Fiziksel	-	1	1
Kimyasal	0	-	1
Biyolojik	0	1	-

Çizelge 8 ve Çizelge 9’daki hücrelere karşılık gelen sayılar ile çarpılarak toplam baskınlık matrisi elde edilir (Çizelge 10).

**Çizelge 10.** Toplam baskınlık matrisi

Tehlikeler	Fiziksel	Kimyasal	Biyolojik
Fiziksel	-	1	0
Kimyasal	0	-	1
Biyolojik	0	0	-

Çizelge 10’ da verilen toplam baskınlık matrisinde fiziksel tehlikelerin kimyasal tehlikelere göre 1 değerini alarak daha üstün olduğu görülmektedir. Kimyasal tehlikelerin biyolojik tehlikelere göre 1 değerini alarak daha üstün olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, güvenlik önlemleri için fiziksel>kimyasal>biyolojik tehlikeler olarak sıralanmıştır.

#### **4. SONUÇLAR**

Toprak mikrobiyoloji laboratuvarı için tehlikeler ve bu tehlikelere karşı alınması gerek güvenlik önlemleri büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, güvenlik önlemlerinin AHP yöntemiyle ağırlıklandırılması yapılmıştır. Biyogüvenlik kabini 0,49, çıkışa yakın el yıkama için lavabo 0,22, otoklav 0,15, laboratuvar güvenlik personeli 0,07, kendiliğinden kapanan kapı 0,05 ve korumalı pencere için 0,03 olarak belirlenmiştir. Bu güvenlik önlemleri için fiziksel, kimyasal ve biyolojik tehlikeler ELECTRE yöntemiyle sıralanmıştır. Güvenlik önlemleri için fiziksel>kimyasal>biyolojik tehlikeler olarak sırasıyla sonuç elde edilmiştir. Fiziksel tehlikelerin öncelikli dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

#### **5. KAYNAKLAR**

1. Philippot, L., Ritz, K., Pandard, P., Hallin, S., Martin-Laurent, F., 2012. Standardisation of Methods in Soil Microbiology: Progress and Challenges. *FEMS Microbiology Ecology*, 82(1), 1-10.
2. Şeker, E., Yardımcı, H., 2003. Mikrobiyoloji Laboratuvarlarında Biyogüvenlik. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(04), 3-32.
3. Günay, İ.C., Alayunt, F.N., Çakmak, B., 2017. Mikrobiyoloji Laboratuvarlarında Ergonomi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5, 41-47.
4. Şahin, A.R., Selma, A., Günay, M., 2019. Klinik Mikrobiyoloji Laboratuvarlarında Yapay Zekanın Temel İşleyiş Modelleri. *Journal of Biotechnology and Strategic Health Research*, 3(2), 66-71.
5. Kaya, T., Kahraman, C., 2011. An Integrated Fuzzy AHP-ELECTRE Methodology For Environmental Impact Assessment. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8553-8562.
6. Aziz, L., Achki, S., Chalh, R., 2021. The Classification of the Environmental Indicators using ELECTRE TRI Method for Loukkos

Basin in Morocco. *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing.

7. Altıntaş, F.F., 2022. G7 Ülkelerinin Yeşil Büyüme Performanslarının Analizi: Entropi Tabanlı Electre Yöntemi ile Bir Uygulama. *Atlas Journal*, 8(46), 2502-2519.
8. Saaty, T.L., 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.
9. Benayoun, R., Roy, B., Sussman, B., 1966. Une Méthode Pour Guider le Choix Enprésence de Points Devue Multiples. *Notedetravail49*, Sema-Metra Direction-Scientifique.
10. Triantaphyllou, E., 2000. *Multi-Criteria Decision Making Methods*, Springer.
11. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2009. *Laboratuvar Güvenliği El Kitabı*, Ankara.