

**İÇME SULARINDA TEMAS İLE OLUŞAN
MİKROBİYEL RİSKİN RİSK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çev. Müh. İrem KARATAŞLI**

Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Program : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

MAYIS 2002

**İÇME SULARI NDA TEMAS İLE OLUŞAN
MİKROBİYOLOJİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çev. Müh. İrem KARATAŞLI
501001947

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2002

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İlhan TALİNLİ
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Hsran Z. SARIKAYA (İ. T. Ü.)
Prof. Dr. A. Mte SAATÇI (MÜ)

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Kendisiyle çalışma fırsatını yakalayarak bilim ve meslek etiği adına çok şey öğrendiğim eğitimim ve tez çalışmam süresince anlayışından ve her türlü desteğinden ötürü Sayın Prof. Dr. İlhan TALİNLİ'ye sonsuz teşekkürler....

Karşıma çıkan her zorlukta beni yalnız bırakmayan İnş. Yük. Müh. Ghan SOYDAN'a,

Çalışmam sırasında gösterdiği yardımlarından ötürü Çev. Yük. Müh. Rana YAMANTÜRK'e ve

Her türlü fedakarlık ve desteğiyle her zaman yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim

Mayıs 2002

İrem KARATAŞLI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	1
2. MİKROKİRLETİCİLER	4
2.1. Giriş	4
2.2. Mikroki rleticileri n Kaynakları	5
2.2.1. Noktasal kaynaklar	5
2.2.1.1. Endüstriyel kaynaklar	6
2.2.1.2. Kentsel kaynaklar	6
2.2.2. Noktasal olmayan kaynaklar	7
2.3. Mikroki rleticileri n değ erlendiril mesi ve tanı nlanması	9
2.3.1. Değ erlendiril me kriterleri	9
2.3.1.1. Genel özellikler	9
2.3.1.2. Kullanım miktarları ve şekilleri	10
2.3.1.3. Çevresel etkiler	11
2.3.1.4. Teknik kontrol ölçümleri	13
2.3.2. Mikroki rleticilerin tanı nlanması	13
2.4. Mikroki rleticileri n Zararlılık Oranlarının Tespiti	14
2.4.1. Mevcut zararlılık oranı sistemleri	14
2.4.2. Mikroki rleticiler için zararlılık derecelenmesini geliştirilmesi	17
2.5. İç me Sularında Mikroki rleticiler	22
2.5.1. İç me sularında mikroki rleticileri n kaynakları	22
2.5.1.1. Hımsularda mikroki rletici kaynakları	22
2.5.1.2. Suyun dağıtım ve arıtım sırasında oluşan ki rleticiler	23
2.5.2. Mikroki rleticileri n sağlık açısından etkileri	28
2.5.2.1. Akut toksisite	28
2.5.2.2. Uzun süreli (kronik) etkiler	28
2.5.2.3. Kanserojen ve benzeri etkiler	28
2.6. Mikroki rleticiler için Standartlar	30

3. TEHLİ KELİ MADDELER	33
3.1. Tehli keli Maddeler Hakkında Tanımlar	33
3.2. Tehli keli Maddelerin Özellikleri	35
3.2.1. Çözünürlük	35
3.2.2. Yoğunluk	36
3.2.3. Parlayıcılık	36
3.2.4. Korozyonluk	38
3.2.5. Reaktivite	39
3.2.6. Zehirlilik	40
3.3. Tehli keli Maddelerin Sınıflandırılması	45
3.4. Stiren-akrilat ko-poli merinin Tehli keli Madde Olarak Değerlendirilmesi	47
4. RİSK DEĞERLENDİRMESİ	51
4.1. Giriş	51
4.2. Tehli keri n Belirlenmesi	53
4.2.1. Hayvan testleri	54
4.2.2. İnsanlar üzerine yapılan çalışmalar	54
4.3. Doz- Tepki Değerlendirme	56
4.4. Maruz Kalma Değerlendirme	57
4.5. Risk Karakterizasyonu	59
4.6. Çalışmaya Esas Olan Risk Değerlendirme Yaklaşımı	61
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	63
5.1. Deneysel Çalışma Planı	63
5.2. Kullanılan Materyaller ve Yöntemler	64
5.2.1. Kullanılan materyaller	64
5.2.1.1. Test materyalleri	64
5.2.1.2. Test suyu (klorlu su)	65
5.2.1.3. Aşı	66
5.2.1.4. Test kapları	66
5.2.2. Ölçüm yöntemleri	67
5.2.2.1. Organik madde ölçümü	67
5.2.2.2. Metal ölçümü	67
5.2.2.3. Bulamklılık ölçümü	67
5.2.2.4. Renk ölçümü	67
5.2.2.5. Koku ve tat ölçümü	67
5.2.2.6. Çözünmüş oksijen ölçümü	67
5.3. Uygulanan Testler	67
5.3.1. Su mikroorganizmalarının çoğalma testi	68

5.3.2. Metallerin ekstraksiyonu testi	71
5.3.3. Renk ve bulanıklık testi	73
5.3.4. Koku ve tat testi	73
5.3.5. Organik madde ekstraksiyon testi	76
5.4. Deneysel Bulgular	77
5.4.1. Su mikroorganizmalarının çoğalması testi	77
5.4.2. Metallerin ekstraksiyonu testi	81
5.4.3. Renk ve bulanıklık testi	81
5.4.4. Koku ve tat testi	82
5.4.5. UV Spektrofotometre ile organik madde ölçümü	83
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR	88
ÖZGEÇMİŞ	91

**İÇME SULARI NDA TEMAS İLE OLUŞAN
MİKROBİYOLOJİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çev. Müh. İrem KARATAŞLI
501001947

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2002

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İlhan TALİNLİ
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Hsran Z. SARIKAYA (İ. T. Ü.)
Prof. Dr. A. Merte SAATÇI (MÜ)

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Kendisiyle çalışma fırsatını yakalayıarak bilim ve meslek etiği adına çok şey öğrendiğim eğitimim ve tez çalışmam süresince anlayışından ve her türlü desteğinden ötürü Sayın Prof. Dr. İlhan TALİNLİ'ye sonsuz teşekkürler....

Karşıma çıkan her zorlukta beni yalnız bırakmayan İnş. Yük. Müh. Ghan SOYDAN'a,

Çalışmam sırasında gösterdiği yardımlarından ötürü Çev. Yük. Müh. Rana YAMANTÜRK'e ve

Her türlü fedakarlık ve desteğiyle her zaman yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim

Mayıs 2002

İrem KARATAŞLI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	1
2. MİKROKİRLETİCİLER	4
2.1. Giriş	4
2.2. Mikroki rleticilerin Kaynakları	5
2.2.1. Noktasal kaynaklar	5
2.2.1.1. Endüstriyel kaynaklar	6
2.2.1.2. Kentsel kaynaklar	6
2.2.2. Noktasal olmayan kaynaklar	7
2.3. Mikroki rleticilerin değerlendirilmesi ve tanımlanması	9
2.3.1. Değerlendirme kriterleri	9
2.3.1.1. Genel özellikler	9
2.3.1.2. Kullanım miktarları ve şekilleri	10
2.3.1.3. Çevresel etkiler	11
2.3.1.4. Teknik kontrol ölçümleri	13
2.3.2. Mikroki rleticilerin tanımlanması	13
2.4. Mikroki rleticilerin Zararlılık Oranlarının Tespiti	14
2.4.1. Mevcut zararlılık oranı sistemleri	14
2.4.2. Mikroki rleticiler için zararlılık derecelenmesini geliştirilmesi	17
2.5. İçme Sularında Mikroki rleticiler	22
2.5.1. İçme sularında mikroki rleticilerin kaynakları	22
2.5.1.1. Hımsularda mikroki rletici kaynakları	22
2.5.1.2. Suyun dağıtım ve arıtım sırasında oluşan ki rleticiler	23
2.5.2. Mikroki rleticilerin sağlık açısından etkileri	28
2.5.2.1. Akut toksisite	28
2.5.2.2. Uzun süreli (kronik) etkiler	28
2.5.2.3. Kanseröjen ve benzeri etkiler	28
2.6. Mikroki rleticiler için Standartlar	30

3. TEHLİKELİ MADDELER	33
3.1. Tehlikeli Maddeler Hakkında Tanımlar	33
3.2. Tehlikeli Maddelerin Özellikleri	35
3.2.1. Çözünürlük	35
3.2.2. Yoğunluk	36
3.2.3. Parlayıcılık	36
3.2.4. Korozyonluk	38
3.2.5. Reaktivite	39
3.2.6. Zehirlilik	40
3.3. Tehlikeli Maddelerin Sınıflandırılması	45
3.4. Stiren-akrilat ko-polimerinin Tehlikeli Madde Olarak Değerlendirilmesi	47
4. RİSK DEĞERLENDİRMESİ	51
4.1. Giriş	51
4.2. Tehlikenin Belirlenmesi	53
4.2.1. Hayvan testleri	54
4.2.2. İnsanlar üzerine yapılan çalışmalar	54
4.3. Doz- Tepki Değerlendirmesi	56
4.4. Maruz Kalma Değerlendirmesi	57
4.5. Risk Karakterizasyonu	59
4.6. Çalışmaya Esas Olan Risk Değerlendirme Yaklaşımı	61
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	63
5.1. Deneysel Çalışma Planı	63
5.2. Kullanılan Materyaller ve Yöntemler	64
5.2.1. Kullanılan materyaller	64
5.2.1.1. Test materyalleri	64
5.2.1.2. Test suyu (klorlu su)	65
5.2.1.3. Aşı	66
5.2.1.4. Test kapları	66
5.2.2. Ölçüm yöntemleri	67
5.2.2.1. Organik madde ölçümü	67
5.2.2.2. Metal ölçümü	67
5.2.2.3. Bulamklılık ölçümü	67
5.2.2.4. Renk ölçümü	67
5.2.2.5. Koku ve tat ölçümü	67
5.2.2.6. Çözünmüş oksijen ölçümü	67
5.3. Uygulanan Testler	67
5.3.1. Su mikrobiyolojik organizmalarının çoğalma testi	68

5 3 2	Mtallerin ekstraksiyonu testi	71
5 3 3	Renk ve bulanıklık testi	73
5 3 4	Koku ve tat testi	73
5 3 5	Organik madde ekstraksiyon testi	76
5.4	Deneysel Bulgular	77
5 4 1	Su mikroorganizmalarının çoğalması testi	77
5 4 2	Mtallerin ekstraksiyonu testi	81
5 4 3	Renk ve bulanıklık testi	81
5 4 4	Koku ve tat testi	82
5 4 5	UV Spektrofotometre ile organik madde ölçümü	83
3.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	84
	KAYNAKLAR	88
	ÖZGEÇMİŞ	91

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Mikroirleticilerin kaynak tipine göre emisyon türleri.....	5
Tablo 2.2 Organo- halojen bileşik türleri için verilen kaynak ve fonksiyonlar.	14
Tablo 2.3 Su çevresi için zehirlilik derecelenmesi.....	19
Tablo 2.4 İnsan sağlığı için zarar derecelenmesi.....	19
Tablo 2.5 Mikroirleticilerin yarı ömürlerine göre direnç derecelenmesi..	20
Tablo 2.6 Belirli mikroirleticiler için THP oranları	21
Tablo 2.7 Su arıtımında kullanılan kimyasalların oluşturduğu irleticiler.....	25
Tablo 2.8 Halojenli bileşiklerin meydana gelmesinde klorlamanın etkisi.....	26
Tablo 2.9 İçme suyunda saptanan bazı organik maddeler ve konsantrasyonları.....	29
Tablo 2.10 İçme suyu arıtımında meydana gelen mikroirleticiler için verilen limit değerler ve sağlık etkileri.....	30
Tablo 2.11 İnorganik kimyasallar için izin verilen limit değerler ve sağlık etkileri.....	30
Tablo 2.12 Organik Kimyasallar için izin verilen limit değerler ve sağlık etkileri.....	31
Tablo 2.13 İçme sularındaki kimyasallar için müsaade edilen maksimum konsantrasyonlar.....	32
Tablo 3.1 Akut etkilere göre zehirlilik sınıfları.....	41
Tablo 3.2 Yüksek tehlikeli maddelerin biyolojik sınıflandırılması.	46
Tablo 3.3 Stren için MSDS tablosu	49
Tablo 3.4 Akrilik asit için MSDS tablosu.....	50
Tablo 4.1 İçme suyu irleticilerinin epidemiyolojik çalışmalar sonucu rapor edilen sağlık etkileri.....	56
Tablo 5.1 Komponent A ve Komponent B'ye ait fiziksel ve kimyasal özellikler.....	65
Tablo 5.2 Test materyallerinin özellikleri.....	65
Tablo 5.3 Test suyu için kalite kriterleri	65
Tablo 5.4 Aşı suyu için kalite kriterleri.....	66
Tablo 5.5 Aşı hacimleri.....	66
Tablo 5.6 Test kaplarının hacimleri	66
Tablo 5.7 Çeşitli seyreltmelere uyan koku ve tat eşik sayıları.....	74
Tablo 5.8 Materyallerin temas ettikleri sulara göre ekstrat numaraları.....	77
Tablo 5.9 Ekstratların test sonunda ölçülen ortalama çözünmüş oksijen farkları.....	77
Tablo 5.10 Ekstratlara ait metal konsantrasyonları.....	81
Tablo 5.11 Ekstratların ölçülen bulanıklık değerleri.....	81
Tablo 5.12 Ekstratların ölçülen renk değerleri	82
Tablo 5.13 Ekstratların tat eşik sayıları.....	82
Tablo 5.14 Ekstratların koku eşik sayıları.....	82

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Mikroirleticilerin yüzeysel sulara kontamine olma yolları.....	8
Şekil 3.1 : Doz-tepki eğrisi	43
Şekil 3.2 : İki maddenin doz-tepki eğrilerinin karşılaştırılması	43
Şekil 3.3 : Sren-akrilat ko-poli merinin dası parçalanma ürünleri	48
Şekil 4.1 : Sren ve akrilik asit maddelerini içine suyu için çevresel sağlık paragdi ması.....	62
Şekil 5.1 : Deneysel çalışma planı	64
Şekil 5.2 : Test düzeneğinin genel görünüşü.....	68
Şekil 5.3 : Su mikroorganizmalarının çoğalması test düzeni	70
Şekil 5.4 : Metallerin ekstraksiyonu test düzeni	72
Şekil 5.5 : Renk ve bulanıklık, koku ve tat testleri düzeni.....	75
Şekil 5.6 : Ekstrat 1 ve Ekstrat 2 için günlere göre DOD değerlerinin karşılaştırılması.....	78
Şekil 5.7 : Ekstrat 3 ve Ekstrat 4 için günlere göre DOD değerlerinin karşılaştırılması.....	78
Şekil 5.8 : Ekstrat 1 ve Ekstrat 3'ün birbiriyle ve şahitle karşılaştırılması ..	79
Şekil 5.9 : Ekstrat 2 ve Ekstrat 4'ün birbiriyle ve şahitle karşılaştırılması...	79
Şekil 5.10 : Ekstratların 5., 6. ve 7. haftada ölçülen DOD değerleri.....	80
Şekil 5.11 : Ekstratların test periyodu sonundaki ortalama çözünmüş oksijen değerleri.....	80
Şekil 5.12 : Ekstrat 1 ve Ekstrat 2 için absorpsiyon grafiği.....	83

ÖZET

İçme suyu arıtım, dağıtım ve depolanmasında çeşitli yollarla meydana gelen pek çok kirlenici insan sağlığı ve su kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. İçme suyuna çeşitli yollarla kontamine olabilen bu kirlenicilerin önemli kaynaklarından biri de içme suyu depolarında kullanılan yapı malzemeleridir. Dağıtım şebekesi ve depolarda kullanılan pek çok yapı malzemesi, kimyasal bileşimleri itibarıyla bir takım kirlenicilerin suya kontaminasyonuna neden olmaktadır. Kullanılan bu yapı malzemelerinin bir kısmı polimer katkılı olmakta ve polimer ve çimentoğun agregasyonu ile elde edilen pek çok izolasyon malzemesi içme suyu depolarında sıklıkla kullanılmaktadır. Polimer katkılı bu izolasyon malzemelerinin elde edilmesinde kullanılan bir polimer türü de “stren-akrilat ko-polimeri”dir. Stren-akrilat ko-polimerinin sulu dispersiyonu çimentoyla solidifiye edilerek izolasyon malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu izolasyon malzemesinin suyla teması halinde su kalitesi ve insan sağlığı açısından meydana gelebilecek en büyük problem malzemenin kimyasal bileşimi itibarıyla suya insan sağlığını tehdit edecek mikrokirlenicilerin karışması olacaktır.

Bu çalışmada, içme suyu depolarında kullanılan iki farklı izolasyon malzemesinin suyla temasında suya olası kontaminasyonları için bir risk değerlendirmesi amaçlanmıştır. Seçilen iki farklı izolasyon malzemesinin örnekleri temiz suyla temas ettirilmiş, su kalitesi üzerindeki etkileri ve suya olası kontaminasyonları araştırılmıştır. Bu yaklaşımla malzemenin suyla temasında çözünme yoluyla suya olası kontaminasyonu değerlendirilen stren-akrilat ko-polimeri, bu polimerin bileşenleri olan “stren ve akrilik asit” bireysel maddeleri esas alınarak hem mikrokirlenici hem tehlikeli madde olarak insan sağlığı için risk değerlendirmesi kapsamında ele alınmıştır. Bu bireysel maddeler; kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikler, çevresel etkiler, insan sağlığı ve su sistemi üzerindeki zehirlilik etkileri, maruz kalma durumundaki kronik etkiler ve insan sağlığı için müsaade edilen maruz kalma limitlerini esas alan kriterlerle değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme yaklaşımından sonra risk değerlendirmesine esas teşkil edecek olan deneysel çalışma yürütülmüştür. Kullanılan bu izolasyon malzemelerinin suyla temasında su kalitesi ve güvenliği üzerindeki etkileri ve olası kirlenicilerin suya çözünme yoluyla geçmesi araştırılmıştır. Bu amaçla BS 6920 standartlarına göre su mikrobiyolojilerinin çoğalması, metallerin ekstraksiyonu, tat ve koku, bulanıklık ve renk testleri ve standardın dışında öngörülen UV spektrofotometre ile organik madde ölçümü testleri yürütülmüştür. Bu deneysel çalışma, malzemenin suyla teması halinde meydana gelebilecek kontaminantları araştırmak ve tüketim amaçlı kullanılan suda ne tür istenmeyen etkilerin meydana geleceğini tespit etmek amacıyla, insan sağlığı risk değerlendirmesinin ilk adımı olan tehlikeyi belirlemek üzere yapılmıştır. Gerek BS 6920 standardının öngördüğü testlerin ve gerekse önerilen UV spektrofotometre ile organik madde ölçümünün sonuçlarına göre bu malzemeyle temasta bulunan suda, organik madde ve metal kontaminasyonu olmadığı ve tat, koku, renk ve bulanıklık değerlerinin standardın öngördüğü değerlerin altında olduğu saptanmıştır. Buna göre

elde edilen deneysel bulgular, bu malzemenin su kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığı ve insan sağlığı için risk oluşturacak kontaminantların meydana gelmediği yönünde değerlendirilmiştir. Kullanılan bu tip yapı malzemelerinin suyla teması halinde bir risk değerlendirmesinin yapılabilmesi için standartlara göre yapılan bu testler dolaylı veriler sağlamaktadır. Bu düşünceyle, malzemede kullanılan tehlikeli kimyasal maddelerin uygun analitik yöntemlerle doğrudan ölçümünün yapılması BS 6920 standardına ek olarak önerilmektedir.

RISK ASSESSMENT OF MICRO POLLUTANTS IN CONTACT WITH DRINKING WATER

SUMMARY

It is known that the pollutants that originate during drinking water, distribution and storage can cause water quality decrease and adverse human health effects. One of the most important sources of micropollutants encountered in clean water is structure materials used in water treatment and network and storage systems. Structure materials especially in network and storage systems can cause contamination in water. Polymeric materials have been used with cement for many years as cementitious structure materials and glassy and safety materials have produced by the aggregation of polymers with cement. One of the polymer type used in structure materials is co-polymer of *styrene butyl acrylate* in forms of aqueous dispersion, which can be readily solidified with cement. The mixture of polymer and cement get stabilized at the end of the cure period and it is used as an isolation material in water storage systems. The main problem that occurs related to water quality and safety is the involvement of hazardous water pollutants in water while using these materials in water storage tanks.

In this study, the risk assessment has been done to identify if the selected isolation materials that are hazardous and cause contamination related with chemical composition of material when they are in contact with water. Therefore, water quality effects and probable contaminants such as organic and inorganic materials have been investigated in water, which the materials are in contact. It is considered that the hazardous material that may contaminate in water is “styrene butyl acrylate” co-polymer by dissolution from material. Hazards of this polymer on human health and water systems are evaluated in basis of styrene and acrylic acid individual materials. The risk assessment criteria for these hazardous materials are their physical, chemical and biologic properties, environmental impacts, effects on human health and aquatic life, acute and chronic health effects and permissible exposure limits. In addition to this assessment, experimental analysis has been conducted to find out the suitability of this material in water and to determine its effect on water safety and quality. For this reason, representative samples for two different isolation materials have been taken for a series of tests. Growth of aquatic microorganisms, extraction of materials, taste, odor, turbidity and color tests were conducted in accordance with BS 6920 standards. Besides, styrene butyl acrylate co-polymer is measured by UV spectrophotometer. This experimental analysis has been conducted to determine the first step of human health risk assessment, which is so called hazard identification. According to the test results, this isolation material has not caused any contamination risk that any organic or inorganic pollutants have not been detected in water. The values obtained from tests were below the limits, which are specified in BS 6920 Standards. However, test procedures specified in BS 6920 Standards

provide inadequate and indirect data for human health risk assessment. Therefore, it is recommended that individual hazardous materials used for production of structure materials that are in contact with water, should be measured by appropriate analytical methods and this control method should be specified in BS 6920 Standard test procedures.

1. GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişmesi ile günümüz toplumunun artan ihtiyaçları ve değişen yaşam standartları kimyasal madde kullanımı da artırmıştır. Tarım endüstri, inşaat, ulaşım tekstil ve sağlık gibi başlıca sektörlerde kullanılan kimyasallar, insanların yaşam standartlarının da değişmesinde çok önemli rol oynamışlardır. Bu kimyasal maddelerin pek çok alanda kullanımının sonuçlarından biri de, ağır metal, uçucu organik bileşikler, çözünebilir organikler, askıda katılar, azot ve fosfor bileşikleri gibi maddelerin doğal yollarla veya insan aktiviteleriyle havaya, suya ve toprak çevrelerine devamlı olarak bırakılmalarıdır. Kontrolsüz deşarjlar, zararlı atık ve katı atık alanlarından sızmalar, artan hava kirliliğiyle atmosferik olaylarla taşınan kirleticiler, içme suyu kaynakları olan yer altı ve yüzeysel suları da kirlenmiş ve çevrede meydana gelen kirlilik yükünü artırmıştır. İçme suyu temin edilen kaynakların kalitesi azalmış, içme sularına karışan çok sayıda mikrokirleticiler su çevresi ve insan sağlığı için istenmeyen etkilere sebep olmuştur. Bu kimyasalların su çevrelerinde meydana getirdiği kirliliğin yanı sıra, içme suyu arıtım, dağıtım ve depolanmasında kullanılması da kirleticilerle kontaminasyonlarını büyük ölçüde artırmıştır.

İçme suyunun arıtım, dağıtım ve depolanması sırasında oluşan kirleticiler, maruz kalan insanlarda istenmeyen etkilere sebep olmakta ve insan sağlığını tehdit etmektedirler. Bu noktada, içme suyuna çeşitli yollarla kontamine olmuş bir kirleticinin insan sağlığı açısından meydana getireceği risk değerlendirilmesi ve gerekli kontrol ve yönetim mekanizmaları için standartların hazırlanması yasal çerçevede geliştirilmiştir.

1.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Suyun arıtım, dağıtım ve depolanması sırasında kirleticilerin meydana gelmesinin başlıca sebeplerinden biri de suyla temas eden yapı malzemelerinin suya kontaminasyonlarıdır. Çalışmada, suyla temasta bulunan polimer esaslı bir izolasyon

malzemesinin bileşenlerinin olası kontaminasyonu halinde bir risk değerlendirme amaçlanmıştır. Malzemenin bileşeninde yer alan ve tehlikeli olarak bilinen “stren-akrilat ko-poli meri”nin suya olası kontaminasyonu halinde meydana gelecek risk, poli meri oluşturan stren ve akrilik asit bireysel maddelerinin üzerinden insan sağlığı için risk değerlendirme kriterlerine bağlı olarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, sözü geçen bireysel maddelerin kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikleri, çevresel etkileri, insan sağlığı ve su sistemine olan etkileri, PEL ve TLV değerleri ve maruz kalma durumundaki akut etkilerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçlar çerçevesinde ;

- ✓ Mikroirleticiler ve kaynakları araştırılmış,
- ✓ Mikroirleticilerin çevrede yayılım ve dağılım şekilleri, su ortamına ve insana olan zehirlilik etkileri ve zarar dereceleneleri incelenmiş,
- ✓ İçme suyuna, arıtım ve dağıtım sırasında oluşan mikroirleticilerin hangi yollarla kontamine oldukları, sebep oldukları akut ve kronik etkileri ve müsaade edilen maksimum konsantrasyonları belirlenmiş,
- ✓ Tehlikeli madde tanımları, tehlikeli maddelerin özellikleri, tehlikeli maddelerin sınıflandırılması ve çevresel risk değerlendirme yöntemleri incelenmiş,
- ✓ İnsan sağlığı için risk değerlendirmesinin ana hatları ve mekanizması verilmiş,
- ✓ Su depolarında kullanılan ve çevreyle temasında meydana gelebilecek bir kirlilik için ara kaynak olan bir izolasyon malzemesinden olası bir kontaminasyon riskini insan sağlığı açısından değerlendirmek üzere bir deneysel çalışma planlanmış,
- ✓ Malzemenin suyla temasında su kalitesi üzerindeki etkileri ve malzemenin kimyasal yapısına bağlı olarak kontamine olabilecek organik veya inorganik irleticileri saptamak için BS 6920 standartlarına göre su mikroorganizmalarının çoğaltması, metallerin ekstraksiyonu, renk ve bulanıklık ve koku testleri yürütülmüş, elde edilen test sonuçları standartlarla

değerlendirilmiş ve standardın dışında test malzemesinin temel bileşeni olan stiren-akrilat ko-polimerinin UV spektrofotometre ile spektral analizi yapılmış,

- ✓ Deneysel çalışma ve literatürden elde edilen bilgiler bir araya getirilerek suyla temas eden bu malzemenin insan sağlığı açısından meydana getireceği risk değerlendirilmiştir.

Çalışmaya esas olan malzeme için ulaşılan sonuçlar değerlendirilerek tehlikeli maddeler için risk değerlendirme yardımı olan standartlara ait yorum ve öneriler getirilmiştir.

2. MİKROKİRLETİCİLER

2.1 Giriş

Ki myasal maddeler ile suların kirlenmesi eski bir tarihe dayanmakla birlikte 1960'lardan bu yana ; bazı maddelerin (örneğin ci va t ürevleri, DDT ve PCB gi bi) doğaya girip dirençli olmaları, insan sağlığını tehdit eden ki myasalların ekosisteme girmesi ve bu tip ki myasalların besin zinciri yoluyla belirli organizmalarda yüksek zehirlilik seviyelerine yol açması, bu gerçeğin insanlar tarafından farkına varılması sağlanmıştır. Bu zehirlilik etkileri daha iyi bir çevre yönetimi konusunda gelişmeleri hızlandırmış, bu ki myasal maddelerin insan aktiviteleriyle doğaya hep gireceği ve insan sağlığı açısından tehlike potansiyeli arz edeceği anlaşılmıştır. Bu bağlamda su içerisine belirli yollarla kontamine olan spesifik su kirleticileri tanımlanarak, bu kirleticilerin hangi yollarla içme sularına karıştıkları ve insan sağlığı için nasıl bir tehlike yaratacakları çalışma kapsamında değerlendirilecektir.

Mikrokirleticiler : Belirli koşullar altında, özellikle insan ve su yaşamına yaptığı toksik ve istenmeyen etkileri ile bir su kaynağının kalite ve değerini düşüren ve yine insan aktivitesi ile çevreye giren bir maddedir.

Mikrokirleticiler; eser kirleticiler (trace pollutants), öncelikli kirleticiler (priority pollutants), dirençli çözünmeyen kirleticiler (refractory pollutants) ve zehirli kirleticiler (toxic pollutants) gibi değişik isimleriyle de değişik ülkelerde tanımlanmaktadır[1].

Mikrokirleticiler, suda ve çevresinde doğrudan ve dolaylı etkiler meydana getirerek alıcı ortamın kalitesini düşürebilir, kanalizasyon sisteminde zarar veya arıtma tesislerinde inhibisyon etkisi yaratabildiği gibi besin zinciri yoluyla canlı organizmaların sağlığını da etkileyebilir. Bu nedenle mikrokirleticilerin zehirlilik, kanserojenlik ve diğer istenmeyen etkileri dikkate alınmalı, belirli kontrol ve yönetim mekanizmaları geliştirilmelidir.

USEPA tarafından 275 adet kirleticiler ‘‘öncelikli kirleticiler’’ adı altında bir listede toplanmıştır. Bu kirleticiler aşağıdaki kriterlere göre seçilmiştir.

- Kanserojen, mutajen veya teratojen olduklarına dair sağlam kanıtlar bulunan maddeler
- Yukarıda bahsedilen bileşikler ile benzer yapıya sahip veya kanserojen, mutajen veya teratojen olduklarına dair sağlam kanıtlar bulunan maddeler
- Endüstri çöktürsularında bulunan ve canlı yaşama yüksek konsantrasyonlarda zehirli etkisinin olduğu bilinen maddeler[2].

Birçok kirleticinin insan ve su yaşama zararlı oldukları, yalnız akut zehirlilik etkisi meydana getirdikleri aynı zamanda uzun süreli kronik etkilere de sebep oldukları laboratuvar testleri ve epidemiolojik çalışmalarla ortaya konulmuştur.

2.2 Mikroirleticilerin Kaynakları

Mikroirleticilerin kaynakları, teknik ve çevresel önemde geniş farklılıklar gösterirken kaynakların tanımlanması mikroirleticilerin kontrolünde kolaylıklar sağlamaktadır. Mikroirletici kaynakları, noktasal kaynaklar ve noktasal olmayan (yayılı) kaynaklar olarak ayrılırken bazen çelişkiye yol açan ve sınırdaki kalan durumlarla da karşı karşıya kalınmaktadır. Tablo 2.1’de mikroirleticilerin kaynakları ve kaynak türüne göre bazı örnekler verilmiştir[3].

Tablo 2.1 Mikroirleticilerin kaynak tipine göre enisyon türleri

Noktasal kaynaklar	Şehir kanalizasyon şebekesi, endüstriyel atıksular, mendencilik faaliyetleri
Noktasal olmayan kaynaklar	Tarımsal faaliyetler, dağınık yerleşme, atmosferik olaylar, inşaat faaliyetleri, deniz taşımacılığı, ot yollarından taşıyarak gelenler, kazalarla meydana gelen döküntüler

2.2.1 Noktasal Kaynaklar

Noktasal kaynaklar, mikroirleticilerin esas kaynakları olarak bilinmektedir. Noktasal kaynaklar da kendi içinde endüstriyel ve kentsel kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

2.2.1.1 Endüstriyel kaynaklar

Minerallerin ve yakıtların ekstraksiyonu ve işlenmesi, kimyasal maddelerin endüstriyel olarak üretimi ve bu kimyasal maddelerin endüstriler tarafından kullanımı ve transformasyonu endüstriyel kaynaklara birer örnek oluşturmaktadır.

Mineral ekstraksiyonundan gelen tipik kirleticiler; sülfür madenlerinden gelen sülfürik asit ve toksik metaller, piritik kömürler ve toprak alkalilerden gelen belirli organik kimyasallar ve kaya tuzu rezervlerinden gelen metal sülfatlar ve klorürlerdir. Petrol ekstraksiyonu ve ham petrol işlenmesi sırasında meydana gelen aromatik hidrokarbonlar, fenoller ve sülfür içeren bileşikler gibi istenmeyen organik maddelerin deşarjı da alıcı ortam için risk oluşturmaktadırlar. Bu riskler kuyu bölgelerinde veya taşıma sırasında kaza ile taşınmalar ve dökülmelerle yükselir.

Mikrokirleticilerin büyük bir kısmının orijini kimyasal madde üreten endüstriler olup sentetik kimyasallar bir başlangıç noktası olarak alınabilirler. Gübre, birincil plastik, kauçuk gibi ağır kimyasallar, kağıt ve demir içermeyen metaller gibi diğer hacimli materyaller ve özel kimyasalların üretimi sırasında pek çok mikrokirleticiler su ortamlarına dolaylı veya direkt olarak taşınmaktadırlar. Endüstriyel faaliyetlerde kullanılan ham maddelerin transformasyonu ve bu maddelerin reaktant olarak kullanımı da mikrokirleticilerin noktasal kaynaklarına örnektir. Proses çıktıları aynı zamanda mikrokirleticiler kaynağı olan solventler, deterjanlar, boyalar ve toksik metaller gibi kullanılan materyal ve reaktantları içermektedir [4].

2.2.1.2 Kentsel kaynaklar

Mikrokirleticilerin endüstrilerden sonraki ana kaynağı belediyelerden gelen çıktılar olup bunların bir kısmı atık su arıtma tesislerinde arıtılmaktadır. Biyolojik olarak ayrışmayan organik materyaller ve inorganikler arzu edilmeyen kirlenme yükü vermektedirler. Arıtma tesislerinin kirleticiler giderme performansı, sadece BOD ve AKM gibi konvansiyonel parametrelerin giderme verimiyle değerlendirilmeli ve arıtma tesislerinin tasarımı, arıtma sistemlerinde eliminasyonu gerçekleştirilen bir takım kirleticilerin varlığı dikkate alınarak yapılmalıdır.

Evsel atıksuyun deşarjlarıyla birlikte, ticari ve hizmet sektörlerinden gelen atıklar da kanalizasyona verilir. Bu sektörler, karakteristik kirleticiler meydana getirirler. Bu kirleticilere örnek olarak çamaşırhanelerden gelen fosfat, borat ve kompleksler, hastanelerden gelen dezenfektanlar, garajlardan ve servis istasyonlarından gelen

emülsifiyanlar, temizleme maddeleri ve petrol ürünleri ve basım hanelerden gelen boyalar verilebilir[4].

2.2.2 Noktasal Olmayan Kaynaklar

Noktasal olmayan kaynaklar, doğrudan kontrol imkanlarının ya az ya da olmadığı durumdaki su ortamlarına bırakılan kirlетici kaynaklardır. Bu kaynakların öneminin en az nehir yataklarındaki noktasal kaynaklardan ileri gelen kirlетiciler kadar büyük olması, noktasal olmayan kaynakların kontrolü için ana neden teşkil etmektedir.

Modern ziraat ve ormancılık, kirlетicilerin seviyelerini bir takım yollarla önemli ölçüye getirir. Bunlar ;

- ✓ Böceklerin, zararlı otların, büyüme hastalıklarının kontrolü için biositlerin kullanılması
- ✓ Kimyasal gübrelerin uygulanması (özellikle azotlu ve fosforlu olanlar)
- ✓ Gübreleme, hayvansal gübreler ve zararlı otlarla mücadele eden gelen organik kirlenmeler ve nutrientler
- ✓ Yer altı veya yüzey suyunda çevre düzenleme ile oluşan doğal nitrattaki artış.

Evsel atıkları uzaklaştırma alanları dikkatli bir şekilde kontrol edilmediği zaman önemli kirlетici tipleri meydana gelebilir. Drenaj suları, organik ve inorganik bileşikleri ve metalleri içerebilir. Özellikle, evsel ve endüstriyel atıkların bir arada bulunduğu atıkların uzaklaştırılmasında sızıntı kontrolünün yapılması uzaklaştırma zararlılığını artırmaktadır.

Yerleşim yerlerinden, endüstriyel alanlardan, limanlardan ve havaalanlarından genellikle yüksek kirlетici yükü taşınır. Tipik bileşenler; araçlardan çıkan Pb, Zn, asbest ve hidrokarbonlar, koroze olmuş metal yapılardan Zn, Cd ve Cu, uçağın antifrizinden gelen glkol ve kar uzaklaştırma faaliyetiyle kaynaklanan tuzlardır.

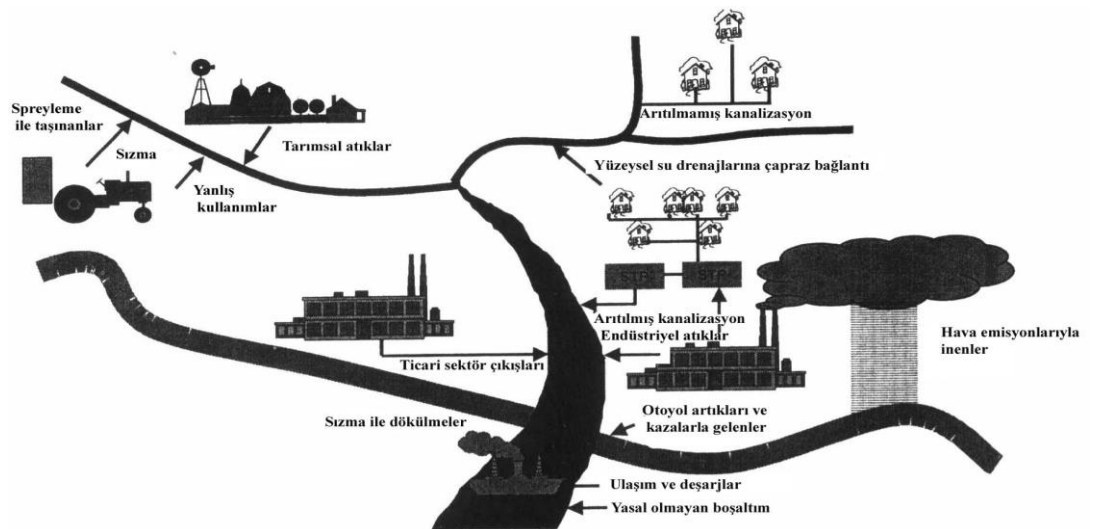
Yüksek trafik alanlarında, uzun kuraklıklardan sonra oluşan yağmur fırtınaları ile büyük miktarlarda kirlетici kanalizasyona yüklenir. Yüksek hacimdeki bu yağmur suları nehirlere doğrudan bırakılır veya büyük depolardan, tanklardan ve rezervuarlardan taşarak arıtılmamış kirlетicilerle su çevrelerine karışırsa mikrokirlетici kontaminasyonu açısından önemli problemlere sebep olur.

Havadan kaynaklanan pek çok kirlenme su kirlenmesine neden olabilir. Bu kirlenmeler, yağmurlar ve kum fırtınaları ile gelirler. Fosil yakıtların yakılması (evsel ısıtma, motorların gazları, güç istasyonları) sülfür oksitler, toksik ve radyoaktif metaller, katranlar için başlıca kaynaktır. Bir çok endüstriyel proses; çelik işleri, metal eritmeleri ve çekmeleri de yaygın kaynaklara önemli örneklerdir. Gübre ve alüminyum endüstrilerinden florürler, petrokimya endüstrisinden sayısız organik bileşikler gelir. Bu kirlenmeler, insan sağlığına, ekolojide ve kanalizasyona büyük zarar verirler.

Kaza yoluyla çevreye bırakılan kirlenmeler, tahmin edilemez zamanlama ve konuları olması sebebiyle noktasal olmayan kaynak olarak değerlendirilir. Olusan kazaların en yaygın tipleri, kimyasalların boru, karayolu, demiryolu ve deniz yolu ile taşınması sırasında meydana gelenlerdir [4].

Mikrokirlenmeler, noktasal ve yayılı kaynakların yanı sıra ara kaynaklarla da suya karışmaktadır. Bu ara kaynaklara örnek olarak içme suyu dağıtım ve arıtım örnek verilebilir. Dezenfeksiyon sonrası oluşan yan ürünler içme suyuna kontamine olmaktadır. Dezenfektan olarak klor kullanımı, kloroform ve diğer bromo ve kloro haloformların oluşumuna neden olur. Bromin içeren içme sularının ozonlanması da bromoform ve bromohidrin gibi bromlu organik bileşiklerin suya karışmasına neden olmaktadır [5].

Yukarıda bahsedilen hem noktasal hem noktasal olmayan kaynaklarla suya kontamine olan pek çok mikrokirlenmenin yüzeysel sulara karışırken izlediği yollar Şekil 2.1’de ilüstre edilmiştir [3].



Şekil 2.1. Mikrokirlenmelerin yüzeysel sulara kontamine olma yolları

2.3 Mikroirleticilerin Değerlendirilmesi ve Tanınması

Mikroirleticilerin etki potansiyellerine göre değerlendirilmesi, kaynak ve fonksiyonlarına göre tanınması ve zararlılık oranlarının tespiti mikroirleticilerin kontrol ve yönetimi mekanizmalarının oluşturulması için gerekli olan bilgiyi sağlar.

Mikroirleticilerin zarar potansiyellerinin değerlendirilmesi, analizlerle elde edilebilen kalitatif ve kantitatif tipte farklı bilgi gerektirir. Çevre kalitesinde yeni veya oluşabilecek kirlenme etkilerini minimize etmek için geniş sistematik çalışmaların geliştirilmesinde, bilgi oluşturmak, değerlendirmek ve daha da ötesi faktörleri ortaya koymak önerilmektedir. Mikroirleticilerin etki potansiyellerini değerlendirmek için gereken bilgiler şunları kapsmalıdır:

- ✓ Kimyasal sınıf ve yapı
- ✓ Biyolojik bozunabilirliği içeren fiziksel ve kimyasal özellikler
- ✓ Orijinal kirleticinin biyolojik bozunma sonucu oluşan yan ürünleri ve bunların antagonistik ve sinerjistik etkileri
- ✓ Beklenen toplan üretimi
- ✓ Kaynaklar ve dağıtım kanalları, kullanım tarzı ve amacı, alıcı ortamın kalitesi
- ✓ Su bünyesine yapılan deşarjlar
- ✓ Bileşiğin su kalitesi ve ekolojisi üzerine zehirli veya ters etkileri
- ✓ Teknik kontrol ölçümlerinin sağlanabilirliği

2.3.1 Değerlendirme Kriterleri

Mikroirleticileri etki potansiyellerine göre değerlendirilmesi 4 temel başlık altında toplanmaktadır. Bunlar sırasıyla ; genel özellikler, kullanımdaki miktarları ve kullanım şekilleri, çevresel etkiler ve teknik kontrol ölçümleri dir.

2.3.1.1 Genel özellikler

Değerlendirme için bilinmesi gereken genel özellikler aşağıda açıklanmıştır.

Kimyasal sınıf ve yapı : Bir bileşiğin mümkün olan çevresel aktivitesi, bileşiğin kimyasal sınıf ve yapısıyla analoji kurmak suretiyle sağlanabilir. Örneğin, solventler

ve yüzey aktif maddeler gibi kimya ve petro-kimya endüstrilerinin ürünleri ve yan ürünleri için kimyasal yapı bilinmelidir. Ayrıca reaksiyona girmeyen başlangıç maddeleri ve yan reaksiyon ürünlerinin safsızlıklarının çevresel önemi de unutulmamalıdır.

Fiziko-kimyasal özelliklere ait veriler: Bir bileşiğin fizikokimyasal özelliklerine ait veriler, onun su sistemindeki davranışını tahmin etmek üzere kullanılır. Örneğin mikrokirleticinin çökebilme eğilimi, uçuculuğu, kimyasal reaksiyonları ve su sistemindeki farklı tipler üzerinde adsorbe olabilmesi gibi özellikleri bilinmelidir. Bu özelliklerin bilinmesi, zehirlilik ve biyolojik olarak bozunabilirlik gibi özelliklerin değerlendirilmesi için yapılan testler için de gerekli olacaktır.

Analitik: Su sistemindeki bir bileşiğin kantitatif tahmini için uygulanan yöntemlerin özellik, hassaslık ve doğrulukları kontrol edilmelidir. Bazı durumlarda, dolaylı analiz yöntemleri kullanılabilir. Otomatik izleme tekniklerinin uygulanabilirlik ve hassaslıkları da göz önüne alınarak değerlendirilmelidir.

Biyolojik bozunabilirlik: İlgili koşullar altında bir bileşiğin biodegradasyonu genellikle çevresel emniyetin değerlendirilmesinde önemlidir. Standart prosedürler ve kimyasalların belirli grupları için öneriler getirilmiştir. Örneğin, anyonik ve non-iyonik deterjanların biodegradasyonu için belirli faktörler ve metodlar vardır. Metodun seçimi sıklıkla bireysel madde ve durumun karakteristiklerine bağlı olacaktır.

2.3.1.2 Kullanım miktarları ve şekilleri

Bir bileşiğin çevreye zarar verme olasılığı, bu bileşiğin önceden kanıtlanmış toksik veya başka şekilde zararlılık karakteristiklerine tamamen bağlı değildir. Bileşiğin üretilme koşulları, depolanması, taşınması ve kullanımı da aynı önemlidir ve izleme ve kontrol mekanizmasında mutlaka göz önüne alınmalıdır. Ayrıca üretim proseslerinden gelen yan ürünlere büyük ölçüde dikkat edilmelidir. Kullanım şekli ve kullanım miktarlarına ilişkin dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Kaynaklar: Hem birincil üretici (veya çıkış noktası) hem de herhangi bir ikincil endüstri veya diğer kullanıcılar tanımlanmalıdır.

Üretim ve tüketim verileri : Üretilen tonajların yaklaşık miktarları, tüketimin farklı tipleri için çevrede meydana gelecek kirlilik hakkında kalitatif ve kantitatif fikir verebilecekte böylece mikrokirleticilerin kontrolü ve yönetim mekanizması için yardımcı olacaktır.

Kullanım şekilleri : Bir bileşiğin kullanım şekli ve amacının bilinmesi, onun suya hangi miktarlarda deşarj edileceği ne dair tahminin doğruluğunu artıracaktır.

Akışmış deşarjların karakteristikleri : Kullanım şekillerinin analizinden, deşarjların nasıl olacağı (kazara, düzenli veya sürekli) hakkında bilgi üretilebilir. Deşarj karakteristiklerinin bilinmesi, alıcı ortama ne tür kaynaklardan mikrokirleticiler kontaminasyon gerçekleştiğini saptamaya da yarayacaktır. Böylece noktasal veya noktasal olmayan kaynaklar belirlenmesi oluşturulacak kontrol mekanizmasına yön verecektir.

Yüklemeler : Alıcı su sistemlerinin yüklemeleri;

- ✓ Birim zamanda boşaltılan miktar
- ✓ Birim üretim başına veya eşdeğer başına boşaltılan miktar
- ✓ Alıcı sudaki beklenen miktar (genellikle minimum maksimum koşulları altında)
- ✓ Bu yüklemeye parametrelerinin uygun bileşimleri

olarak gösterilmektedir. Yönetim problemleri seçilecek metod etkililer. İlk metod özellikle nehir yatakları için en uygundur. İkinci benzer endüstriyel kaynaklar için teknik standartlarla mukayeseli olarak kullanılır. Üçüncüsü ise özel çevresel risk söz konusu olduğunda yani balık veya su temini ne etkililer olarak değerlendirilir.

2.3.1.3 Çevresel etkililer

Mikrokirleticilerin doğrudan veya dolaylı etkilileri olabilir. Bunlar ;

- ✓ Alıcı ortam üzerindeki tahribi, ekolojisi, dayanıklılığı ve alışma periyodu
- ✓ Alıcı suyun kalitesindeki düşme (insan kullanımı, rekreasyon, balık yaşamı, zirai ve endüstriyel kullanımı için)
- ✓ İçme suyu temini için gerekli prosesler ve dağıtım sisteminde etkililer

- ✓ Kanalizasyon sistemlerine zarar ve yardımı operasyonlar içeren arıtma çıkışları için biyolojik, fiziksel ve kimyasal proseslerin bozulması (inhibisyon)
- ✓ Yukarıdaki etkilerin bileşimi

Yapılan laboratuvar çalışmaları, su ortamında meydana gelen antagonistik ve sinerjistik etkilerin nadiren tahmin edilebilirlerinden ötürü meydana gelecek çevresel ve sağlık etkilerinin tahminleri için de yetersiz kalabilmektedir. Toksikite, mutajenlik, kanserojenlik ve teratojenlik için testler geliştirilmiştir. Bu belirleyici testlerin gelişmesi ve mükemmelleştirilmesi hala büyük çaba ve epidemiyolojik çalışmalar gerektirmektedir.

İnsana zehirlilik etkisi : Kirleticilerin insanlar üzerindeki uzun süreli potansiyel etkileri, özellikle endüstriyel orijinli çıkışlarla etkilenen içme suyu kaynaklarında su yönetimi içinde değerlendirilmelidir. Mikroorganizmanın doğrudan içme suyu veya besin zinciri yolu ile alınması etkilerin belirlenmesi aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır. Kirleticinin hem metabolik etkisi hem de suya ozon veya klor kullanıldığı zaman oluşan türevlerinin etkileri değerlendirilmeye dahil edilmelidir. Sonuç olarak arıtma prosesleri sırasında ilave edilen bileşiklere gerekli ölçüde dikkat edilmelidir. Belirli kirleticiler için etkilerini araştırmaya yönelik test serileri hazırlamadan önce benzer kirleticiler için analizlerin yapıldığı ve zarar/zehirlilik oranı için ön tahmin sağlayan testlerin varlığı da unutulmamalıdır. Örneğin bir bireysel pestisit için yapılacak testlerden önce TOC tayini kirleticisi hakkında bilgi verecektir.

Mikroorganizmalara zehirlilik etkisi : Mikroorganizmalara akut zehirlilik testleri, biyolojik arıtma sistemlerine belirli konsantrasyonlarda kirleticisi deşarj edildiği zaman uygun olur. Zehirlilik etkisi, bakteriler ve protozoalara göre belirlenir ve kompleks oluşumu, rekombinasyon ve adsorbsiyon gibi faktörlerle pratikte farklı sonuçlar verebilir.

Balıklara zehirlilik: Bir kirleticisi için LC₅₀ (verilen bir zamanda test balıklarının bilinen bir sayısının %50 sine öldürücü etkisi olan konsantrasyon) temel bir parametredir. Literatürde LC₅₀ değerlerini bulmak için çok değişik testler ve test koşulları önerilmiştir. Kabul edilebilir bir standart yöntem henüz yoktur. Bu konudaki verilerin çok değişken olması da bunu göstermektedir.

Fiziko-ki myasal veya biyoki myasal direnç derecesi: Su sisteminden bileşiği ya eline etme ya da aktif olma hâle getirme ile ortaya çıkan biyolojik veya fizikoki myasal proseslerle ilgili bilgileri kapsar. Direnç derecesi, bileşiğin su çevresinde kararlılığını gösterdiğinden bileşikler için düşük, orta ve yüksek dirençlilik gibi nicel bir değerlendirme yapabilmek mümkündür.

Biyoakümüilasyon : Mikroirleticilerin sınıflandırılmasında, bir bileşiğin veya onun türevinin veya metabolik ürünlerinin, canlı organizma üzerinde dirençli halde konsantre olması çok önemlidir. Biyoakümüilasyon riski deneysel olarak oluşturulmayı fizikoki myasal özellikler ve kararlılıkla ancak tahmin edilebilir.

Biyoakümüilasyon, kirleticinin doğadaki birikmesidir. Bu birikimlerin göl diplerinde ve toprak tabakalarında oluşmasının çevresel önemi çok büyüktür [4].

2.3.1.4 Teknik kontrol ölçümleri

Değerlendirme kriterlerinin sonuncusu olup çevrede bir kirleticinin istenmeyen dağılımına karşı önleyici nitelikte teknik kısıtlamalar geliştirmeyi esas almaktadır. Kaynaktan giderimi için koşullar, endüstriyel ve evsel çöktürmelerin beraberce arıtılması için tesisler ve içme suyu arıtımları değerlendirilmelidir. Kirleticinin fiziksel ve kimyasal özellikleriyle birlikte biyolojik bozunabilirliğinin de bilinmesi içme suyu arıtımında yaygın olarak kullanılan bir veya birkaç prosesin, bu kirleticiyi giderme verimini göstermesinde yararlı olacaktır. Mevcut bilgiler veya basit bir analoji kirleticinin ne yolla giderilmesi ne ilişkintahminimkanı sağlamıyorsa, detaylı teknik bilgiler ve deneylere gerek olacaktır [4].

2.3.2 Mikroirleticilerin Tanımlanması

Mikroirleticilerin oluşturulan tablolarla kimyasal sınıf ve yapıları, kaynakları ve fonksiyonları tanımlanacaktır. Bu tablolar her bir mikroirletici için değerlendirme prosedürü oluşturmak ve kontrol programının kurulması için geliştirilmiştir. Tablolar, mikroirleticilerin nehir suyu ve deşarjlarda alacağı formları baz alarak listelenmiştir. Tablolarda yer alan listeler sadece gösterge niteliğinde olup detay içermektedir. Bu tablolar her kimyasal sınıf için hazırlanmıştır. Kimyasal sınıfa örnek olarak organo-halojen bileşik türleri seçilmiş ve bu sınıfta yer alan kirleticilerin hangi kaynaklarla su sistemine karıştığını ve hangi amaçla kullanıldığını belirten fonksiyonları Tablo 2.2’de verilmiştir [4].

Tablo 2.2 Organo-halojen bileşik türleri için verilen kaynak ve fonksiyonlar

Ki myasal sınıf	Örnek	Kaynaklar	Fonksiyon
ORGANO- HALOJEN	Etil klorür	Petrol	
	Vinil klorür	Petro-ki nya	Mono mer
	1, 2 dikloroetilen	Petro-ki nya	Yan ürün veya atık ürün
	DDT	Tarım	Pestisit
	Pentaklorofenol	Kağıt, kereste, tekstil,	Fungisit, koruyucu madde
	Atrazin	Tarım	Herbisit
	Tri klorobenzen	Tekstil	
	Hezazaklorobenzen	İnorganik ki nya	Yan ürün

2.4 Mikroirleticilerin Zararlılık Oranlarının Tespiti

Amaç, sınıflandırma için sayısal bir metod geliştirmek ve mikroirleticilerin insana, doğal yaşama ve çevreye olan zarar derecelerini tayin etmektir.

İdeal olan bir zararlılık oranı basit, anlaşılmas ve kullanılmas kolay, karasızlığa yol açmayacak ve endüstriler tarafından kullanılan mikroirleticilerin miktarlarını ve farklı maddelerin değışen zehirliliklerini göz önünde bulunduracak şekilde olmalıdır.

2.4.1 Mevcut Zararlılık Oran Sistemleri

Zararlı ki myasalların taşınmasına uygulanabilir olan zarar dereceleme sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler detaylı bir şekilde incelenerek mevcut olan sistemlerden birinin mikroirleticilere uygulanmasının avantaj sağlayacağı düşünülmüştür.

Yaygın olarak kullanılan belirli sistemler, Birleşmiş Milletler Tehlike Sınıflandırma Numaraları'nı temel alır ve bu sistemlerininisi nleri, orijinlerine (meket) ve deniz, karayolu veya demiryolu ile taşındıklarına göre farklılık gösterirler.

Birleşmiş Milletler Tehlike Sınıflandırma Numaraları : Birleşmiş Milletler Tehlike Sınıflandırma Numaraları, gemilerde zararlı kimyasalların taşıması ile ilgili ‘‘ Mavi Kitap’’ta yer alan sınıflamaya, Fransa’da kullanılan Ke mler No.’ya ve İngiltere’de kullanılan ve karayollarında tehlikeli maddeleri taşıyan tankerleri sınıflamayı temel alan Hazchem sistemine temel olacak şekilde kullanılmaktadır. Sınıflandırma aşağıdaki gibidir:

Sınıf 1	Patlayıcılar
Sınıf 2	Gazlar (basınç altında sıkıştırılmış, sıvılaştırılmış veya çözünmüş)
Sınıf 3	Parlayıcı sıvılar
Sınıf 4(a)	Parlayıcı katılar
Sınıf 4(b)	Parlayıcı katılar veya aniden yanabilen maddeler
Sınıf 4(c)	Tutulabilen katılar veya su ile temasta parlayıcı gazlar içeren maddeler
Sınıf 5(a)	Oksitlenen maddeler
Sınıf 5(b)	Organik peroksitler
Sınıf 6(a)	Zehirli maddeler
Sınıf 6(b)	Hastalık yapıcı maddeler
Sınıf 7	Radyoaktif maddeler
Sınıf 8	Aşındırıcılar ve paslandırıcılar
Sınıf 9	Diğer tehlikeli maddeler
Sınıf 10	Sınırlı miktardaki tehlikeli kimyasallar

Ke mler planı : Ke mler planı, zararın belirteci olarak Birleşik Devletler Tehlike Sınıflandırması’nı temel alır ve birbirini takip eden sayıları kullanır. İlk rakam birincil zararı gösterirken ikinci ve üçüncü rakamlar ise ikinci zararı belirlemektedir. Birinci ve ikinci rakamların aynı olması birincil zararın şiddetini belirlemektedir. Örneğin ‘‘33’’ parlayıcı likiti (parlama sınırı <21° C), ‘‘66’’ çok tehlikeli zehirli bir maddeyi, ‘‘88’’ çok tehlikeli koroziv bir maddeyi belirtir. İlk iki rakam ‘‘22’’ olan, soğutulmuş gazı belirtir. ‘‘42’’ kombinasyonu su ile birleştiğinde gaz oluşturan bir

katıyı belirtir. Zarar belirlenme sayısı ‘‘X’’ harfi ile gösterilir ve bu su ile ürünün temasına mutlak bir yasaklamayı belirtir.

Hazchem planı : Bu plan, karayolu ve demiryolu tankerleri ile taşınan yaklaşık 500 madde ile ilişkilidir. Hazchem Kodları Listesi No. 1, her bir madde için Birleşik Devletler Numarasını, Hazchem kodunu, Kimler sayısını ve diğer dataları içerir.

Avrupa Ekonomi Topluluğu: AET içindeki ticarete, kimyasal ürünlerde öne sürülen tehlikeli maddeler uzun zaman boyunca önem teşkil etmiştir. 27 Haziran 1967 Konsey Direktifi’nin açıklanması sebebiyle, bazı direktifler, ‘‘Tehlikeli Madde Değerlendirilmesi Sistemi’’ içerisinde ilan edilmiş ve zarar değerlendirme sisteminin bazı elementlerini içermesi amaçlanmıştır.

Gesamp Zarar Profili : GESAMP (A Group of Experts on the Scientific Aspect of Marine Pollution), deniz çevresindeki tehlikeli maddelerin zararlarını değerlendirmede çalışan bir çalışma grubudur. Bu grup, seçilen maddeler için bir zarar profili sistemi geliştirmiştir. Bu sistem diğerlerinden farklı olarak Birleşik Devletler Tehlike Sınıflandırması’nı esas almaktadır. Profil her bir madde için A, B, C, D, E kolonlarını içeren nümerik değerlerle 5 özellik göstermekte olup aşağıdaki gibidir.

Kol on A Biyokümlasyon

- + Su yaşamına ve insan sağlığına tehlike potansiyeli vardır ve biyolojik olarak birikebilir
- O Önemli miktarlarda biyokümlasyonu bilinmektedir.
- Z Bir hafta ya da daha kısa sürede birikebilir
- T Deniz ürünlerinde koku meydana getirir

Kol on B Canlı kaynaklara olan zarar

<u>Dereceler</u>	<u>TLm</u>
4 Çok zehirli	<1 ppm
3 Orta zehirli	1- 10 ppm
2 Az zehirli	10- 100 ppm
0 Zararsız	>100- 1000 ppm

Kol on G İnsan sağı ğ na zarar, ağı z yol uyl a

<u>Derecel er</u>	<u>LD₅₀</u>
4 Çok zararlı	< 5 ng/kg
3 Orta zararlı	5- 50 ng/kg
2 Az zararlı	50- 500 ng/kg
1 Pratikte zararsız	500- 5000 ng/kg
0 Zararsız	>5000 ng/kg

Kol on D İnsan sağı ğ na zarar, deri te ması ve sol unu m yol uyl a

II	Zararlı
I	Az zararlı
0	Zararsız

Kol on E Çevresel etkiler

<u>Derecel er</u>	
EEE	Kirl eticinin dirençli ol ması sebebi yle koku, zehirlilik, tahriş edici özellikler, plajların kapan ması
EE	Yukarıdaki karakterlerin orta değerde ol maları sebebi yle geçici etkiler, plajların geçici süreyle kapan ması
E	Düşük etkiler, plajların kullanı mına müdahale yok
0	Proble myok

2.4.2 Mikroirleticiler için Zararlılık Derecelemesi nin Çeliştirilmesi

Yukarıda açıklanmış olan hiçbir tehlike derecelene sistemi mikrokirl eticilerin sınıflandırılması için yeterli ol ma maktadır. Bu sebeple, di ğer sistemlerin deneyi mve metodolojileri üzerine çizilen ve adapte olabilen, mikrokirl eticilerin bir sistem altında toplanmasını sağlayacak deneysel ve bilimsel bir sistem OECD tarafından geliştirilmiş ve bu sistem THP sistemi olarak adlandırılmıştır.

Zarar derecelenmesi amaçlandığında THP sisteminin bilinmesi önerilir ki, burada GESAMP ve Kanada Çevre sistemlerinde kullanılan metodolojiler esas alınmaktadır.

Bu sistemde mikrokirleticiler için kantitatif analizi çok zor yapılması sebebiyle biokümülasyonun dışında tutulduğu, insan sağlığına ve su çevresine zarar verdiği konsantrasyonlarla ve dirençli bir madde ise çevredeki bozunma derecesi ile ilişkili logaritmik ölçekli bir dereceleme hakkındır. Sistemde; T, su çevresindeki zehirlilik ve bozucu etkileri, H insan sağlığına olan zararı ve P, biokimyasal dirençliliği ifade etmektedir. THP dereceleme için gerekli olan adımlar ve genel dereceleme aşağıda açıklanmıştır.

Su çevresine olan zehirlilik: T için verilen bu değer, su çevresine ters etkiye sahip bir mikrokirleticinin en küçük konsantrasyonun logaritmik olarak ifadesini temsil alır. Örneğin kadmiyum için bu etki salmon balığının yumurtaları üzerindeki en düşük konsantrasyondaki etkidir. Zehirsiz parafin yağları için bu etki ise su yüzeyinde filamentabakası yapmasıyla neden olduğu oksijen transferinin engellenmesi ile ilgili konsantrasyondur. Klorür için dağıtım sistemlerindeki bağlantılardan çinkonun çözünmesi ne sebep olan konsantrasyondur. Dereceleme g/l olarak verilen konsantrasyonunun 10 tabanına göre eksi logaritması esas alan nümerik değerlere dayanır. Bu konsantrasyon 4 günlük LC₅₀ (balığa zarar) değeridir. Ancak GESAMP sistemine uygun olması açısından bir uygulama faktörü içermesi tercih edilir. Bu uygulama faktörü

Uygulama Faktörü = Sürekli maruz kalma için emniyet kons./ 4 günlük LC₅₀ şeklindedir.

THP prosedürüne göre indikatör organizma olarak en hassas uygun türler seçilmektedir. Bu durum pratikte bazen değiştirilebilir. Örneğin, en uygun hassas organizmanın seçimi belirli pestisitlerin riskini de içermelidir (Örneğin bu pestisit istenmeyen bir türü gidermek için geliştirilmiş pestisit olabilir). Bu bir girişim faktörü olarak göz önüne alınmalıdır. Açıkçası kirleticilerin uzun süreli etkileri (kronik, subkronik) insan sağlığı için önemlidir. Bu da ya direkt maruz kalma ile ya da besinde kirleticinin birikimi ile olur. Bu uzun süreli risklerin değerlendirilmesi yeterli olmamakta ve emniyet değerleri olarak bilinen değerler de çok az sayıda kimyasallar için bilinmektedir. Bilinen kimyasallar için bu değerler benzer maddelere ekstrapolasyon yapılarak bulunabilir, ancak kanserojenlik, teratojenlik ve mutagenlik deneylerinden elde edilen veriler yeterli olduğunda küçük bir uygulama faktörü ile birlikte kullanılmalıdır. Bu durumda verilen konsantrasyonlara göre uygun değerlendirmeler Tablo 2.3'de belirtildiği şekilde yapılmaktadır.

Tablo 2.3 Su çevresi için zehirlilik derecelenmesi

Su çevresi üzeri ne ters etki yapan en düşük konsantrasyon, g/l	GESAMP zehirlilik derecelenmesi	Zehirlilik, T	10 ⁶ m ³ suda mikrokirleticinin miktarı, kg
1	0 zararsız	0	1000000
10 ⁻¹	1 Pratikte zehirsiz	1	100000
10 ⁻²	2 Az zehirli	2	10000
10 ⁻³	3 Orta zehirli	3	1000
10 ⁻⁴	4 Çok zehirli	4	100
10 ⁻⁵		5	10
10 ⁻⁶		6	1
10 ⁻⁷		7	0.1

Ağız yoluyla alınmada insan sağlığına zarar: Bu derecelenme GESAMP sisteminde benzer fakat eşdeğer değildir. Sistem g/kg olarak gösterilen ağız yoluyla alma için LD₅₀ değerinin eksi logaritmasına eşdeğer olan derecelenmenin nümerik değerini amaçlamaktadır. Tablo 2.4 'de ağız yoluyla vücuda alınan mikrokirleticinin insan sağlığına zarar verdiği doza göre zarar derecelenmeleri ve 65 kg ağırlığında insan için öldürücü doz gösterilmiştir.

Tablo 2.4 İnsan sağlığı için zarar derecelenmesi

Ağız yoluyla alınmada insan sağlığına zarar veren mikrokirleticinin miktarı, g/kg	Zarar, H	65 kg'lık insan için öldürücü miktar, ng
1	0	65000
10 ⁻¹	1	6500
10 ⁻²	2	650
10 ⁻³	3	65
10 ⁻⁴	4	6.5
10 ⁻⁵	5	0.65
10 ⁻⁶	6	0.065
10 ⁻⁷	7	0.0065

Direnç derecelenmesi : Pile gösterilen değerlendirilmede su çevresindeki kirleticinin maksimum yarı ömrü (biolojik direnci) için sayısal bir değer verilmektedir. P, su çevresinde maddenin muhtemel yarı ömrünü temel alır ve nümerik olarak 3 günün bir üst limiti olarak gösterilen yarı ömrün logaritmasına eşittir. Bu, yarı ömrü bin

günün üzerinde olan herhangi bir madde için direnç derecesi 3 anlamındadır. Tablo 2.5’de derecelenme için örnek verilmiştir.

Tablo 2.5 Mikrokirleticilerin yarı ömürlerine göre direnç derecelenmesi

Mikrokirleticinin su çevresinde tahmin edilen yarı ömrü	Dirençlilik değeri, $P = \log \text{ yarı ömür (d)}$
1 d	0
10 d	1
100 d	2
1000 d	3

Biyolojik birikebilirlik derecelenmesi : Bir madde için biyokümüle olma özelliğinin o maddenin dirençliliği ile ilişkilendirilmesi uygundur. Biyokümüleşyonu kantitatif olarak göstermek kolay olmadığından bir konsantrasyon faktörü ile değerlendirilmesi düşünülmüş fakat mikrokirleticinin su çevresindeki canlı organizmaların değişik kısımlarında veya besin zincirinde farklı konsantrasyonlarda birikebileceği nedeniyle reddedilmiştir. Çünkü bu durum tüm organizmaları (balık) veya onların spesifik organlarını bilmeyi gerektirecektir. Yeterli basitlikte olması düşünülerek amaçlanan planda (+) sembolü biyokümüleşyonu belirtmek için kullanılmıştır.

Toplam derecelenme : Toplam derecelenme, 3 ayrı sayıyla gösterilen zehirlilik, zarar, dirençliliği ve sembollerle gösterilen biyokümüleşyonu ve kanserojenliği göstermeyi amaçlar. Sistemde kullanılan T harfi su çevresine zehirlilik, H harfi insan sağlığına olan zarar ve P harfi de kirleticinin dirençliliğini ifade etmektedir. Kanserojen etki bilinen mikrokirleticisi için c ve biyokümüleşyonu ifade eden + sembolleri de derecelenmeye dahil edilmelidir. Bu şekilde anlaması kolay bir zarar oranı saptamak mümkündür. Derecelenme, anlaması kolay olmalıdır çünkü 3 bileşenin sayısal değerleri ne kadar büyükse zarar potansiyeli de o kadar büyük olacaktır. Örneğin, zararsız bir madde rölatif olarak 0:0:0 derecesi ne sahipken 1 g/l konsantrasyonda ters etkiye sahip olan dirençli bir madde 6 ile başlayan ve 3 ile biten bir derecelenmeye sahiptir. Bu sistemde göreceli bir orana söz konusudur ve her bileşenin değeri her zaman uygun bir zarar oranına karşı gelebilebilir. Örneğin, bitki hormonu 2,4 D asit balıklara zehirlilik etkisi yok diye rapor edilirken ($LC_{50} = 350 \text{ mg/l}$) oysa 0,01 mg/l gibi düşük bir konsantrasyonda suda istenmeyen tada neden olur. Balık ve

ne melilere akut olarak zehirli olmadığı sanılan anilin de 0,1 mg/l ve 0,005 mg/kg gibi düşük konsantrasyonlarda sabit olarak alındığında ters etkilere sahiptir. THP derecelenme sistemini kullanımda tüm değişik zararları ve problemleri düşünmek gerektiği aşıkardır. Tablo 2.6'da bazı mikrokirleticiler için THP oranları verilmiştir[4].

Tablo 2.6 Belirli mikrokirleticiler için THP oranları

Mikrokirleticisi	THP oranı
Formaldehit	3: 1: 1
Dieldrin	6: 2: 3 +
Anilin	4: 6: 1
2,4-DD	5: 1: 2
Pentaklorofenol	4: 2: 2
Ortokresol	5: 0: 1

THP sisteminin pratikte kullanımı : Sistemin kullanımı data toplanmasını zorunluluklar ve basit toplama daha karmaşık olan bileşen sayılarının lineer olmayan ve aritmetik olmayan karakterde olması, kirleticiler arasında bir derecelenme oluşturmayı gerektirir. Elde edilen datalar yorumlanma gereksinimi yaratır ancak normlar veya standartları oluşturmak için kullanılmaz. Pratikte THP sisteminin kullanılmasında bazı faktörler göz önüne alınmalıdır. Bunlar sırasıyla;

- Kirleticilerin ilgil alanları, yönetilebilir olmalarıyla sınırlıdır. Bir endüstriyel sektör gibi (deri veya kağıt end.), bir özel kullanımı (pestisit, deterjan) veya bileşiklerin kimyasal bir grup oluşturmaları gibi (klorlu organik bileşikler veya Hg ve bileşikler)
- Çevredeki bir bileşimin toplam miktarını bilerek, dağıtım tarzını araştırmak, endüstrilerden deşarj edilen madde miktarlarını gösterebildiği gibi besin zinciri yoluyla alınan miktarları hesaplamaya da yardımcı olabilir.
- Bir derecelenme prosedüründen uygun yöneti m kavramları çıkarmak için bir bileşik için uygun türevleri hakkında bilgi sahibi olmak. Toplumu için önem arz eden ve kullanılan bir bileşik zararlı ise onu yasaklamak veya yerine uygun bir bileşimin kullanılması çok zor olabilir[4].

2.5 İç me Sul arı nda Mikroki rleticiler

İç me sul arı nda insan sağ lı ğ ı iç in risk yaratan mikroki rleticilerin hangi yollarla iç me suyuna karış tı ğ ı nı saptamak mikroki rleticilerini iç me sul arı nda kontrol ünü sağ lamak açısından ö ne mli dir. Bu sebeple öncelikle iç me sul arı nda varlı ğ ı bilinen veya çeş itli kullan ı lar veya suyun arıt ı m ve dağı tı m sırasında iç me suyuna geç mesi beklenen mikroki rleticiler tanı mlanmalıdır. Bu mikroki rleticilerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre yapılacak laboratuvar ve epidemi ol ojik çalış malarla insan ve canlı sağ lı ğ ı iç in nasıl bir tehlike yaratacağı saptanmalı, bu mikroki rleticilerini iç me suyuna karış ması nı önlemek için veya en aza indirmek için yasal mevzuat çerçevesinde gerekli kontrol ve yönetim mekanizmaları sağ lanabil meli dir.

2.5.1 İç me Sul arı nda Mikroki rleticilerin Kaynakları

İç me sul arı nda mikroki rleticilere rastlanması temin edilen iç me suyu kaynağı ile yakından il gili dir. Mikroki rletici kaynaklarını niki ana kategori de değ erlendirilmesi esas alınmı ş tır.

2.5.1.1 Ham sul arda mikroki rletici kaynakları

Endüstriyel çık ı ş lar genellikle büyük miktarlarda ve geniş sayıda kirl eticiyi iç ermesine rağmen evsel ve ticari alanlardan gelen atıksuları iç eren şehir kanalizasyonu da önemli ölçüde kirlilik yükü meydana getir mektedir. Noktasal olarak bilinen bu kaynakların yanında yayılı kaynaklar da ham suların kirl etici yükünde etkili ol maktadırlar. Bazı nehir yatakları nda noktasal ol mayan kaynaklar toplam kirlenme yükünün yarısına sahip ol abilmektedir. Yerleş im ve endüstriyel alanlardan gelen ağır metaller, asbest, deterjan ve hidrokarbonlar önemli kirl eticilere ö rnekler. Ş üpheş iz, bu maddelerin tümü yağ murla kanalizasyona sistemine transfer ol maktadırlar. Zn ve Cd galvanizleri tamolarak 20 yılda nemli atmosferde çözülür. Zn ve Cd'un büyük miktarları potansiyel su kirl eticisidir. Tarım iş lemlerinden kaynaklanan NO₃ yer altı ve yüzey suların kirl etip iç me suyunun kalitesini düşür mekte ve ö traфіkasyona neden ol maktadır. Toksik ve direnç li olarak bilinen biositlerin de baş lı ca kaynağı tarı mdır. Noktasal ol mayan kaynakların ö rnekleri aşağı da veril miş tir.

Yerleş im alanı, endüstriyel alan ve faaliyetlerinden gelenler: Yerleş im yerleri, endüstriyel alanlar, yol sistemleri, hava alanları ve limanlar (arıtıl mış veya

kanalizasyon şebekesi ne bağlanmamış) yayılı kaynaklardır. Evsel, endüstriyel veya madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan çöpler sebebiyle yer altına sızmalar, yer altı yağ kuyularından ve kontrolsüz kör kuyulardan sızmalar da kirlletici yükünü artırmaktadır. Yerleşim ve endüstriyel alanlarından kaynaklanan pek çok hava kirlleticisi de kaynaklarına göre noktasal olmaıan olarak adlandırılırlar. Hava kaynaklı bu kirlleticilerin büyük ve orta hacimdeki partiküller maddeler gibi büyük bir kısım kaynak çıkışından hemen sonra düşerler. Ayrıca asit bileşikleri (gaz, sıvı veya partiküller fazda) korozyon ve ikincil kirlenmeye neden olurlar.

Tarımsal kaynaklar: Bunlar; bitisidilerin spreyleneımesi (herbisit, fungisit, defoliant, insektisit, rodensidit), gübre uygulamaları (NO_3 lar), ürün toplama ve hayvan yetiştirme, ziraat ve orman alanlarından gelenlerdir.

Kazalar : Kazalar, yer ve zamanlarının önceden bilinmemesi nedeniyle noktasal olmaıan kaynak olarak adlandırılırlar. Ürünlerin deniz, demiryolu, karayolu ve boru hattında transferi veya taşınım sırasında meydana gelen kazalar ve depolanmaları veya üretimi sırasında ihmal ve aciliyet gibi sebeplerle ani olarak yapılan deıarjlar bu tip kaynaklara örnek olarak verilebilir[4].

Kazalar su çevresinde geniş ölçüde kirlletici kontaminasyonu meydana getirir. Bu sebeple önceden yapılacak bir risk değerlendirmesi, kazalarda meydana gelen tehlike ve zararını minimize etmek için koruyucu önlemler ve ne tip bir acil eylem planının hazırlanacağı konusunda gerekli bilgi sağlayacaktır.

2.5.1.2 Suyun dağıtım ve arıtım sırasında oluıan kirlleticiler

Suyun arıtım ve dağıtım sırasında meydana gelen kirlletici tipleri aıağıdaki gibidir:

- Arıtma tesisi ve onu takip eden dağıtım şebekesi yapısına bağlı olarak temalla oluıan kirlleticiler
- Arıtım maddelerindeki safsızlıklarla ortaya çıkan maddeler.
- Temizleme ve dezenfeksiyon maddeleri ve ilk kirlleticiler arasındaki reaksiyonlarla oluıan maddeler. Bu maddeler arıtma tesisinde oluıabilir veya şebekede de meydana gelebilir.

Bu problemler, insan sağlığında önemli bozulmalar gözlenmesi sonucu üzerinde durulması gereken ciddi bir konu haline gelmiş ve çok düşük konsantrasyonlarda ($\mu\text{g/l}$) kirlletici saptayabilen analitik tekniklerin gelişmesine de yol açmıştır.

Temasla Oluşan Kirlenmeler : Arıtma ve dağıtım prosesleri boyunca su, pek çok yapıyla temas halindedir. Her çözünmüş her partiküler halde bir çok materyal suya girebilir ve su yoluyla tüketiciye dağıtılabilir. Asbest, bu yolla karışan bir madde olmakla birlikte metal ve organik içeren çok sayıda çözünmüş kirlletici de suya karışabilir. Bazı önemli kirlleticilerin kaynakları ve her birinin önemi aşağıda örnek olarak verilmiştir.

- **Asbest :** Her sulardaki seviyesi genellikle 10 milyon fiber/lt'nin altında olmakla beraber 100 milyon fiber/lt'den yüksek değerler de bilinmektedir. Bazı şehirlerde, içme suyu ve yerleşim alanlarındaki seviyesi 1,9 milyon fiber/lt rapor edilmiştir [6]. Endüstriyel işlem veya asbest yatakları asbestin içme sularına bulaşmasının ana nedenleridir. İçme suyu dağıtımında kullanılan asbestli çimento borular da, suyun yumuşak ve agresif oluşuna bağlı olarak asbestin suya karışma nedendir [7]. ABD'de yapılan bir çalışmaya göre içme suyunda 10000 fiber/lt olarak saptanan asbest, kresol'un sızması veya erozyonu sonucu suya kontamine olmuştur [8]. Asbestin epide mi ol jik bir kanıtı ol mamasına rağmen insan sağlığına zararlı etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle içme suyunda mümkün olduğu kadar düşük olmalıdır [4].
- **Metaller :** Tüm metaller özellikle yumuşak ve korozif su temininde çözünürdürler. Su boruları ve depoları, içme suyunda metal kaynağı olarak bilinirler. Metaller, su sisteminde kullanılan materyallerden suya çözünme yoluyla karışırlar. Şebekede kullanılan metal esaslı birleşim malzemelerinden de suya kirlletici kontaminasyonu gerçekleşmektedir [7]. Depolama süresi uzun olduğu zaman suya kontamine olan metal konsantrasyonları artmaktadır. Bu metallerden insan sağlığı için toksik etki olanları Pb, Cd ve Cu metalleridir [4].
- **Organikler :** İçme suyu dağıtımında kullanılan plastik yapılar da metalik yapılar kadar suya bazı kirlleticilerin kontaminasyonuna sebep olmaktadır. PVC borulardan vinil klorür ve kömür katranıyla kaplı borulardan PAH'lar (poliaromatik hidrokarbonlar) suya kontamine olabilirler [3].

Kullanılan maddelerin safsızlıklarıyla bulaşma: Farklı kimyasallarla yapılan fizikokimyasal arıtmaların kullanımı artışı vardır. Kireç geleneksel olarak

kullanılan en eski kimyasaldır. Fe ve Al tuzları da günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Flokülasyon için aktif silikatlar, alginatlar, sentetik polielektrolitler, nötralizasyon maddeleri (NaOH NaHCO_3) ve dezenfeksiyon/sterilizasyon için klor gibi maddeler arıtma sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bunların kullanımında ticari ve düşük saflıklarda olanları içme suyuna bulaşmanın ana kaynağıdır. Tablo 2.7’de arıtma tesislerinde kullanılan belirli kimyasalların suda oluşturacağı kirleticiler gösterilmiştir[4].

Tablo 2.7 Su arıtımında kullanılan kimyasalların oluşturduğu kirleticiler

Kimyasal	Başlıca kirleticiler	Diğer kirleticiler
Sodyum klorat	Klorat	
Alüminyum sülfat	Fe, Pb, As	Mn, Cd, N
Demir sülfat	Mn	Hg, Pb, Cd, As
Demir klorür	Mn, As	Cu, Zn, Cr, N
Sodyum hidroksit	Fe, Al	
Sodyum karbonat	NH_3 , Fe	
Sülfürik asit	Fe, Pb, As	
Hidroklorik asit	Fe, organoklorlar	
Aktif karbon	Cu, Zn, Pb, As	
Amonyum klorür	-	N, Pb, Cu
Sodyum bisülfat	-	Se, Zn, Pb
Kalsiyum hidroksit	Hg	
Klor	CCl_4 ve diğer halojenler	Çeşitli organohalojenler

Bu maddelerden kaynaklanan kirlilikleri kontrol etmek için pratik olarak önerilen yaklaşım arıtmada kullanılan maddelerin saflık standartlarını oluşturmaktır. Kullanılan bu maddelerin içindeki safsızlık %10’undan daha az olmalıdır.

Arıtma prosesleri boyunca oluşan yan ürünlerle bulaşma : Arıtma kimyasallarının kullanılmasıyla meydana gelen yeni bileşikler ve yan ürünler insan sağlığı için tehlike arz etmektedirler. Özellikle oksidant ve dezenfektan olarak kullanılan maddelerin yan ürünleri olan organohalojenler gibi bileşiklerin insan sağlığına

zararları söz konusudur. Yüksek organik içerikli ham sular da bu arıtım kimyasallarının kullanım daha da önemli hale gelmektedir. Aşağıda arıtım proseslerinde kullanılan kimyasallar, mikrokirlenici kontaminasyonu açısından kısaca açıklanmıştır.

- **Klor :** Klor, mikroorganizma kontrolünde etkin bir dezenfektan ve aynı zamanda organik maddeleri ve amonyağı parçalaması özelliğiyle de iyi bir oksidant olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Klorun ucuz olması da sık kullanılan bu dezenfektanın tercih edilmesini sağlamaktadır. Klorlama, filtrasyon sonrası veya öncesi kullanılabilir. Ön klorlama, büyük klor miktarları gerektirir ve büyük miktarlarda organoklorlu bileşikler üretir. Dağıtım şebekesinde 0,1 mg/l -0,4 mg/l serbest klor bırakmak amacıyla yaygın olarak 1 mg/l veya daha fazlası kullanılır. Arıtım sırasında kullanılan klor a ait yan ürünlerin oluşturduğu endişe iki yönlüdür. Yan ürünlerini insan sağlığını tehdit edecek karakterde olmaları ve üretilen toplam miktarları, meydana gelecek etkiler açısından endişe duyulmasına sebep olmaktadır. İçme suyunda oluşan bu maddeler değişik kimyasal kategorilere sahiptir. Bunlar PCB'ler, insektisitler, herbisitler, halojenli eterler, halojenli parafinler, halojenli fenoller vb. ile ilişkili grupları içerirler. En yaygın bilinen bireysel bileşik klorofor m'dur. Klorofor m 366 µg/l üzerindeki konsantrasyonlarda Avrupa ve Amerika'da rapor edilmiştir[4].

Tablo 2.8'de farklı kompozisyona sahip içme sularında klorlamanın bir takım halojenli bileşikleri oluşturma daki etkisi verilmiştir[9].

Tablo 2.8 Halojenli bileşiklerin meydana gelmesinde klorlamanın etkisi

Bileşik	Konsantrasyon, µg/l		
	Klorlama yok	Dezenfeksiyon	Kırılma noktası
Klorofor m	<0.01-2.0	<0.1-10	25-60
Bromodiklorometan	<0.01-0.9	<0.01-10	15-55
Dibromodiklorometan	<0.01-0.1	0.01-5	3-10
Diklorodimetan	<0.01	<0.01-0.3	0.01-0.3
Bromodiklorodimetan	<0.01	<0.01-0.03	<0.01-0.3
Bromofor m	<0.01	<0.01-1.0	3-10
1-1 dikloroaseton	<0.005	<0.005	0.1-1.0
Tri kloronitrometan	<0.01	<0.01-3.0	<0.01-3.0

- Ozon : Klordan daha güçlü bir oksidant ve dezenfektan olmasına rağmen şebekelerde kalıcı etkiye sahip değildir. Özellikle tat ve koku giderilmesinde büyük avantajları olmasına rağmen ketonik bileşikler gibi istenmeyen yan ürünlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu maddelerin oluşumu hakkında çok az bilgi olmasına karşın ozon ve benzeri oksidantların arıtım sonucunda minimum dozajla kullanımları konusunda tedbirli olunmalıdır. Ozon amonyak gideriminde etkili değildir ve bazı durumlarda belirli organiklerin biodegradasyonuna neden olmaktadır. Bölgesel koşullara göre ozon kullanıldığı zaman Cl_2 ve ClO_2 gibi kalıcı etkili dezenfektanlarında düşük dozlar da uygulanması gerekebilir.
- Klor dioksit : Son senelerde yararlı bir şekilde kullanılmakta olan ClO_2 klor koku ve tat gideriminde de etkin bir dezenfektandır. Klor dioksitin dezenfektan ve kalıcı etkisi klordan daha yüksektir ve daha düşük dozlar da kullanılabilir. ClO_2 'in son dezenfektan olarak kullanımının başlıca sebepleri, en az klor kadar dezenfektan kalitesine sahip olması ve halo metan oluşmasına neden olmamasıdır. Ancak klorit oluşmasına neden olmaktadır.
- Aktif karbon : Aktif karbonla arıtma ve özellikle granüler karbon yoluyla filtrasyon son 20 yılda geliştirilmiştir. Aktif karbonun ana özelliği, maddeleri iyon değiştiricilerde olduğu gibi başkalarıyla yer değiştirme den adsorblama kabiliyetidir. Ancak proses, iyi yönetilmez ve kontrol edilmezse su kalitesinde bozulmalar meydana gelebilir. Eğer karbon yeterli kalitede değil ve belirli kullanım sonucu aşırı doygunluk olursa desorbsiyon oluşabilir. Rejenerasyon sonucu istenmeyen maddelerin suda serbest kalabilme tehlikeleri olduğundan rejenere karbon kullanımda dikkat edilmelidir.
- Su yumuşatma : Yumuşatma halk sağlığı açısından iki negatif etkiye sahiptir. İnsan diyeti için önemli elementler olan kalsiyum ve magnezyum iyonları yumuşatma yoluyla giderilmesi istenmeyen bir durumdur. İkinci etki ise iyonlarla yer değiştiren Na iyonunun insan sağlığı için aşırı olmaya başlaması ve kalp sistemine ve diğer etkilere neden olmasıdır. Su yumuşatma prosesinde uygulanan kontrolsüz yumuşatıcılar suyu korozif yapar ve ayrıca borulama sistemlerinde zararlı metallerin çözünmesine önderlik eder. İyon değiştirici reçinelerin üzerinde mikroorganizmaların birikimi de sıklıkla görülmüştür [4].

2.5.2 Mikroirleticilerin Sağlık Açısından Et kileri

İçme suyu için standartların oluşturulması, kirleticinin suyu tüketen insanlar üzerindeki etkileri esasına dayanmaktadır. Ters etkiler, bazen ya sağlık zararları ya da istenmeyen etkiler olarak sınıflandırılır. Fakat bunlar birbiri üzerine oturmuştur.

2.5.2.1 Akut toksisite

Mikrokirlletici kontaminasyonu olmuş suya maruz kalınada meydana gelecek etkiler geçici nitelikteyse akut etkiler olarak tanımlanır ve genellikle yüksek dozlarda kirlleticiye maruz kalma ile gerçekleşir. Akut etkilere örnek olarak, ağız yoluyla alınan sudaki yüksek NO₃ içeriğı ile meydana gelen metahemoglobini nemi a (Mavi kan hastalığı) verilebilir. Bu hastalık bağrsak sisteminde nitritlerin oluşumunu içerir ve kan hemoglobini üzerine etkili olur. Yapılan çalışmalara göre meydana gelen vakalar, genellikle bölgelere ve mevsim şartlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yaz dönemlerinde, suyun NO₃ içeriğinin yüksek oluşuna bağlı olarak gastroenteritis vakaları daha yüksektir.

2.5.2.2 Uzun süreli (kronik) etkiler

İçme suları ya vücuda alınan düşük dozdaki bazı kirleticiler, uzun süreli kullanıma ve biyolojik birikim sonucu kronik etkilere yol açabilirler. Bu istenmeyen etkiler özellikle, yerleşim yerlerinde sınırlı imkanlardan dolayı sürekli aynı suyun kullanımı ile ortaya çıkmaktadır. Düşük miktarlardaki Pb ve Cd'un kronik ters etkileri, örneğin zihinsel gelişme bozuklukları ve böbrek rahatsızlıkları bu türdendir.

2.5.2.3 Kanserojen ve benzer etkiler

Mikrokirlleticiler için en büyük problem mikrokirlletici içeren suların neden olduğu kanserojenliğin tespiti dir. Zararın geniş olarak değerlendirilmesi, laboratuvar hayvanlarının beslenmesine dayalı ekstrapolasyon çalışmalarını temel alır. 6000 civarında maddenin tümü kanserojenlik açısından bu yolla test edilmiştir. Bilginin ikinci kaynağı gen değişimi (mutajeniti) testleridir. Bu testlerde temel alınanlar, kullanılan konsantrasyonlar ve maruz kalma süreleridir. Ancak bu gibi çalışmalar da, içinde pek çok kirlletici bulunan bir suya maruz kalındığı zaman meydana gelen etkilerin sinerjistik veya antagonistik etkilerin saptanması için yetersiz kalmaktadır. Bilginin son kaynağı ise farklı su karakteristiklerine sahip bölgelere göre meydana gelen hastalıkları kıyaslamaya yarayan epidemiyolojik çalışmalardır. Tablo 2.9'da

içme suyunda saptanmış ve kanserojen etkileri olduğu tahmin edilen bazı organik maddeler ve rapor edilen maksimum değerleri verilmiştir [4].

Tablo 2.9 İçme suyunda saptanan bazı organik maddeler ve konsantrasyonları

Organik madde adı	Rapor edilen maksimum kons., µg/l
Vinil klorür	10
3,4 benzopiren	<0.005
Dieldrin	8
CTC	10
PCB'ler	3
Benzofenon	1
Kloroform	366
Trikloroetilen	0.5
Aldrin	<0.1
Atrazin	5.1
Endrin	0.08
Heptaklorobenzen	0.19
Heptakloroetan	4.4
1,4 diklorofenol	0.5
Bromodikloroetan	116
Bromoform	92
Klorobenzen	5.6
Dibromodikloroetan	100
1,2 dikloroetan	6
Tetrakloroetan	0.11
Metilen klorür	1.6

Bu gibi çalışmaların çoğu, farklı ülkelerde henüz tamamlanmış ve organik kirleticilerle artan kanser oranı arasındaki ilişkiyi göstermiştir. Ancak etkinin büyüklüğü henüz tam olarak belirlenmemiştir. Etkinin zaman skalası ile ilgisinde bu durum kanserlerin için 15-20 yıl olmalıdır. Kanseröjenlerin bir grubu ve özel önemi olanlar nitrosaminlerdir. Bunların çoğu kanserojen bileşikler olarak bilinir ve çoğu aynı zamanda karaciğere ait hepatotoksiklerdir. Aşırı nitrit ve nitratların varlığında normal gıda rejimini proteinlerinden bağırsaklarda nitrosaminler oluşabilir [4].

2.6 Mikroirleticiler İçin Standartlar

İçme suyuna kontamine olabilen organik ve inorganik spesifik su kirleticileri için farklı ülkelerde farklı yönetmeliklerle düzenlenmiş standartların olduğu görülmektedir. ABD EPA Office of Water tarafından düzenlenmiş bir yönetmelikte yer alan içme suyuna kontamine olan kirleticiler için izin verilen maksimum kirlenici seviyeleri ve sağlık üzerine olan potansiyel etkileri Tablo 2.10 2.11 ve 2.12’de verilmiştir[10].

Tablo 2.10 İçme suyu arıtımında meydana gelen mikroirleticiler için verilen limit değerler ve sağlık etkileri

Dezenfektan ve dezenfeksiyon yan ürünleri	Maksimum izin verilen konsantrasyon, ng/l	Potansiyel sağlık etkileri
Bromat	0.01	Kanser riskinde artma
Kloraminler (Cl_2)	4.0	Göz ve burunda tahriş, anemi, mide rahatsızlığı
Klor (Cl_2)	4.0	Göz ve burunda tahriş, mide rahatsızlığı
Klor dioksit (ClO_2)	0.8	Bebek ve çocuklarda sinir sistemi bozukluğu, anemi
Klorit	1	Bebek ve çocuklarda sinir sistemi bozukluğu, anemi
Haloesetik asitler	0.06	Kanser riskinde artma
Toplam THM	0.08	Kanser riskinde artma, böbrek rahatsızlıkları

Tablo 2.11 İnorganik kimyasallar için izin verilen limit değerler ve sağlık etkileri

İnorganik kimyasallar	Maksimum izin verilen konsantrasyon, ng/l	Potansiyel sağlık etkileri
Antimon	0.006	Kan şekeri düşmesi
Arsenik	0.01	Deri ve sinir sistemine etkiler, artan kanser riski
Asbest	7 milyon fiber/1 lt	İyi huylu bağırsak polipleri
Baryum	2.0	Kan basıncında artış
Berilyum	0.004	Bağırsak lezyonu
Kadmiyum	0.005	Böbrek rahatsızlığı
Krom	0.1	Deride alerji
Bakır	1.3	Wilson hastalığı
Silyanür	0.2	Sinirsel bozukluk ve tiroit hastalığı
Gıva	0.002	Böbrek rahatsızlığı
Florür	4.0	Kemik hastalığı
Kurşun	0.015	Çocuklarda fiziksel ve zihinsel gelişimde gecikme
Nitrit (N)	1	Bebeklerde mavi kan sendromu
Nitrat (N)	10	Bebeklerde mavi kan sendromu
Selenyum	0.05	Saç dökülmesi, dolayım bozukluğu

Tablo 2.12 Organik Kimyasallar için izin verilen limit değerler ve sağlık etkileri

Organik Kimyasallar	Maksimum izin verilen konsantrasyon, ng/l	Potansiyel sağlık etkileri
Benzen	0.005	Ane mi, Kanser riski
Benzo (a) piren	0.0002	Kanser
Karbofuran	0.04	Kan dolaşı m ve si nir sistemi nde proble mler
Karbon tetra kl orür	0.005	Böbrek rahatsız lı ğ, kanser riski
Klorobenzen	0.1	Böbrek ve karaci ğer rahatsız lı ğ
2,4-D	0.07	Böbrek ve karaci ğer rahatsız lı ğ
1,2-Di kloro etan	0.005	Art an kanser riski
1,1-Di kloro etilen	0.007	Böbrek rahatsız lı ğ
Di kloro metan	0.005	Böbrek rahatsız lı ğ, kanser riski
Di oksin	0.00000003	Kanser, kronik etkiler
El drin	0.002	Si nir siste ni rahatsız lı ğ
Etil benzen	0.7	Karaci ğer ve böbrek rahatsız lı ğ
Etilen di bromid	0.00005	Mide bozuklu ğu, kronik hastalıklar, kanser riski
Heptaklor	0.0004	Böbrek rahatsız lı ğ, kanser riski
Heksaklorobenzen	0.001	Karaci ğer ve böbrek rahatsız lı ğ, kanser riski, kronik etkiler
PCB	0.0005	Deri rahatsız lı ğ, si nir siste ni bozuklu ğu, kanser riski
Pentaklorofenol	0.001	Karaci ğer ve böbrek rahatsız lı ğ, kanser riski
Stren	0.1	Karaci ğer, böbrek ve dolaşı m siste ni rahatsız lı ğ
Tetra kloro etilen	0.005	Böbrek rahatsız lı ğ, kanser riski
Toulen	1	Si nir siste ni, karaci ğer ve böbrek rahatsız lı ğ
2,4,5-TP (Silvex)	0.05	Böbrek rahatsız lı ğ
1,1,1 Tri kloro etan	0.2	Böbrek, si nir siste ni ve dolaşı m rahatsız lı kları
1,1,2 Tri kloro etan	0.005	Böbrek, karaci ğer rahatsız lı ğ
Tri kloro etilen	0.005	Böbrek rahatsız lı ğ, kanser riski
Vinil klorür	0.002	Art an kanser riski
Ksilen	10	Si nir siste ni tahribi

Avrupa Birliğı 98/83/EC sayılı konsey kararıyla ıkarılan direktifte yer alan i ne suyu ile ilgili kalite parametreleri ve maksimum izin verilen konsantrasyonlar ise Tablo 2.13’de verilmiştir[11].

Tablo 2.13 İ ne sularındaki kimyasallar i nin m saade edilen maksimum konsantrasyonlar

Kimyasallar	Maksimum izin verilen konsantrasyon, mg/l
Akrilamid	0.1
Antimon	5.0
Arsenik	10
Benzen	1000
Benzo (a) piren	0.01
Boron	1000
Bromat	10
Kadmium	5.0
Krom	50
Bakır	2000
Siyan r	50
1,2 dikloroetan	3.0
Epi klorohidin	0.1
Flor r	1500
Kurşun	10
G va	1.0
Nikel	20
Nitrat	50000
Nitrit	500
Pestisit	0.1
Toplam pestisit	0.5
PAH	0.1
Selenyum	10
Tetrakloroetan ve tri kloroetan	10
Toplam THM	100
Vinil klor r	0.5

Yukarıda rneklenen ABD ve EC standartlarında g r len maksimum kirleticiler seviyeleri, insan sağlığı potansiyel etkileri temel alınarak d zenlenmiş en y ksek değerleri g sterilmektedir.  e yandan binlerce tehlikeli madde i nin yalnız suda değil, genel karakteristikleri a sından insan sağlığı standartları yine aynı kuruluşlar tarafından farklı kavramlarla, farklı y netmeliklerde yer almaktadır. Bu kavramlar ve tanımlar tehlikeli madde tanımlarıyla birlikte 3. B l mde değerlendirilmiştir.

3. TEHLİKELİ MADDELER

Dünya üzerinde yararlı kullanımlar için çevreye giren binlerce tehlikeli kimyasalın tanımlanması, sınıflandırılması ve potansiyel etkileri göz önüne alınarak çevresel risk değerlendirilmesine gerek duyulmuştur. Bu çalışmaya esas olan su kirleticileri ile bunların bireysel madde bazında tehlikeli madde özellikleri ve ait olduğu standartlarla deneysel çalışmanın sonuçları birlikte değerlendirilerek yönetim oluşturulabilmektedir.

3.1 Tehlikeli Maddeler Hakkında Tanımlar

Tehlikeli Madde (Hazardous Material) : Yangın kuruluşları tarafından uygun bir işlem görmediği zaman insan sağlığına ve refahına veya çevreye zarar verebilecek herhangi bir madde veya karışımı olarak tanımlanmaktadır [12].

Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma teşkilatı (USDOT) ise ‘taşındığı zaman sağlık, güvenlik ve mülkiyet yönünden çok fazla risk oluşturduğu tespit edilmiş herhangi bir madde’ olarak tanımlamıştır.

Tehlikeli Madde (Hazardous Substance): Federal tehlikeli madde yasası (FSHA), ‘özellikle çok zehirli, zehirli, tahriş edici, yüksek derecede parlayıcı, parlayıcı yanıcı veya basınç oluşturabilen’ maddeleri ‘geleneksel veya uygun bir şekilde işlenmeleri veya kullanımları sırasında ciddi yaralanma veya hastalıklara neden olabilecek ise’ tehlikeli madde olarak tanımlamaktadır [13].

Kapsamlı çevresel müdahale ve iyileştirme için sorumlulukları düzenleyen yasa (CERCLA) da tehlikeli madde tanımlar, çevre konusundaki yasal tüm tanımlamaları içine alarak en geniş tehlikelilik tanımını ortaya koymaktadır. Bu yasaya göre tehlikeli maddeler:

1. Federal Su Kirliliği Kontrolü Yasası’nda (The Federal Water Pollution Act) tehlikeli madde olarak tayin edilmiş herhangi bir madde
2. CERCLA’da özellikle tehlikeli madde olarak tayin edilmiş herhangi bir madde

3. Kaynakların Korunması ve Geri Kazanım Yasası'nda (RCRA) listelenmiş herhangi bir zararlı atık veya RCRA'de tanımlanmış özelliklere sahip herhangi bir madde
4. Federal Su Kirliliği Kontrolü Yasası'nda zehirli kirleticiler olarak tanımlanmış herhangi bir madde
5. Temiz Hava Yasası (CAA)'da tehlikeli hava kirleticisi olarak tanımlanmış herhangi bir madde
6. Zehirli Maddelerin Kontrolü Yasası'nda olası tehlikeli madde olarak tayin edilmiş herhangi bir madde'dir [13].

Zararlı Madde : Ülkemizde 7 Ekim 1993'de çıkarılan Zararlı Kimyasal Madde ve Ürünlerinin Kontrolü Yönetmeliği'nde 'Ek II' deki özelliklerden herhangi birine sahip olmaları kaydıyla Ek 1'de verilen ve çevrenin korunması amacıyla ile yayımlanan tebliğlerde yer alan, her cinsten kimyasal element, bunların bileşiklerini ve karışımın' ifade edecek şekilde tanımlanmıştır [14].

Suda Tehlikeli ve Zararlı Madde : 4 Eylül 1988 tarihinde çıkarılan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Suda Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği'nde 'kısa sürede solunum sindirimi veya deri absorpsiyonu yolu ile akut toksisite ve uzun sürede kronik toksisiteye yol açan, kanserojen veya teratojen etki yapan, suların biyolojik yöntemlerle arıtımına karşı direnç gösteren veya biyolojik arıtmayı inhibe eden, yer altı ve yüzeysel suları kirlenmelerini için özel muamele ve bertaraf işlemleri gerektiren, çevrede tehlike yaratan maddeler' olarak tanımlanmıştır [15].

Mikrokirlleticiler (Specific Water Pollutants): Bu tanım tanımlanabilir kimyasallar ile konvansiyonel arıtılabilirliği işaret eden parametreler (BOD , KOD, AKM) arasındaki farklılığı ortaya koyabilmek için yapılmıştır. Buna göre mikrokirleticiler 'belirli koşullar altında özellikle insan ve su yaşamına yaptığı zehirli ve istenmeyen etkileri ile bir su kaynağının kalite ve değerini düşüren ve yine insan faaliyeti ile çevreye giren bir maddedir' [4].

Zehirli Kirleticiler (Toxic Pollutants) : Federal Temiz Hava ve Temiz Su yasası (US Federal Clean Air and Clean Water Act) 'deşarj sonrası maruz kalma ile ya çevreden direkt olarak ya da besin zinciri yoluyla sindirimi solunum veya asimilasyon ile dolaylı olarak organizma tarafından alınan ve bu organizma veya organizmanın gelecek nesillerinde ölüm hastalık, davranış bozuklukları, kanser,

genetik mutasyon, psikolojik bozukluklar veya fiziksel deformasyonlara neden olan, hastalık yapıcı maddeleri içeren kirleticiler ve kirletici karışımları'' olarak tanımlanmaktadır.

Zehirli Maddeler (Toxic Materials): USDOT tarafından insanlar için zehirlilik etkisine sahip olduğu bilinen veya insana olan zehirliliği hakkında yeterli bilginin mevcut olmaması halinde hayvanlara uygulanan testler sonucunda insana toksik etkisi olacağı tahmin edilen gaz formu dışındaki formlarda bulunan madde olarak tanımlanmaktadır.

Zehirli Maddeler (Toxic Substances): Zehirli Maddelerin Kontrolü Yasası'nda üretimi, dağıtım, kullanımı veya uzaklaştırılması sırasında bir yaralanma veya çevreye zarar verme özelliği taşıyan pestisitler ve ilaçlar dışındaki ticari kimyasal maddeler olarak tanımlanmaktadır [13].

3.2 Tehlikeli Maddelerin Özellikleri

Tehlikeli maddelerin özellikleri, bu maddelerin madde güvenliği veri tablolarında (MSDS) 3 ana bölümde incelenmektedir. Bunlar :

- Fiziksel özellikler ve tehlikeler
- Kimyasal özellikler
- Yaşama tehlikeli özelliklerdir.

Fiziksel ve kimyasal özellikler birlikte değerlendirilirken, kontrol ve müdahale açısından önemli olan değerlendirme kriterleri ön plana çıkmaktadır. Bunlar; çözünürlük, yoğunluk, parlayıcılık, reaktivite ve korozifliktir.

3.2.1 Çözünürlük

Çözünürlük, genellikle suda %10'luk bir çözeltiyi hızla oluşturabilen bir madde için kullanılmakta olup çözünürlüğü ifade eden farklı tanımlar da mevcuttur. Sözü geçen çözünürlük tanımları genellikle en az 10 gr maddenin suyun yaklaşık 250 ml'den daha az bir hacminde çözünmesini ifade etmektedir. Herhangi bir tehlikeli maddeye maruz kalma ve bu duruma müdahale halinde maddenin suda çözünübilirliği hayli önem taşımaktadır.

Çözünürlük sıcaklığa bağlı olmakla birlikte katı ve sıvıların çözünürlüğü genellikle artan sıcaklıkla artar. Eğer bir katı madde suda çözünüyorsa bu onun sudaki çözünürlüğünü ifade eder.

Gazların çözünürlükleri ise katı ve sıvılara nazaran farklıdır. Gazların sudaki çözünürlükleri katı ve sıvıların aksine artan sıcaklıkla azalır[1].

3.2.2 Yoğunluk

Yoğunluk, birim hacim başına düşen maddenin kütlesi olarak basit bir şekilde tanımlanabilir. Bu, hacimdeki kütle anlamına gelir. Diğer bir tanım olan spesifik gravite, bir sıvı veya katının yoğunluğunun su yoğunluğuna olan oranını ifade etmektedir. Bu oran boyutsuz olup madde ile su arasındaki yoğunluk ilişkisini göstermektedir. Sıvıların spesifik gravitelerinin bilinmesi herhangi bir kaza halinde uygulanacak müdahale yöntemi açısından önemlidir. Örneğin, spesifik gravitesi 1'den küçük olan tank dolu bir sıvının tutuşması halinde, duruma su ile müdahale etmek yanan sıvının tanktan taşıp etrafa sıçramasına neden olup yangının şiddetini artıracaktır. Ters bir durumda, yani spesifik gravitenin 1'den büyük olması halinde yanan sıvı üzerine su eklenmesi yangını söndürmede etkili olacaktır. Diğer bir örnek ise spesifik gravitesi 1'den küçük olan gaz yağının hareket halindeyken hidrofobik solventle veya alt akışlı bir barajla geri kazanılabilir olmasıdır. Çözüldüğü gibi sıvı ve katıların spesifik gravitelerinin ve yoğunluğunun bilinmesi uygulamalarda bir takım şanslar verebilir.

Gazlar için bu durum biraz daha farklıdır. Çünkü gazın birim hacimindeki madde miktarı değişkendir. Gazlar ve buharlar için kullanılan en önemli özellik buhar yoğunluğudur. Buhar yoğunluğunun tespiti için buharın ve gazın yoğunluğu havanın yoğunluğuna (1,29 gr/lit) oranlanır. Eğer bu oran 1'den küçük ise buhar havada yükselecektir. Eğer bu oran 1'den büyük ise buhar çökecektir [1].

3.2.3 Parlayıcılık

Tehlikeli maddeler için verilen bir diğer özellik ise bu maddelerin yanma sonucu gaz ve buhar oluşturmalarıdır. Bu sebeple tehlikeli maddelerin özellikleri parlayıcılık, tutuşabilirlik ve yanabilirlik olarak verilmektedir.

Özellikle yangın oluşturma tehlikelerine karşı tehlikeli maddelerin potansiyel parlayıcılık limitleri aşağıda verilmiştir:

- ✓ *Alt parlama limiti* : Herhangi bir kıvılcık kaynağına maruz kalındığında yanmayı oluşturan bir gaz veya buharın havadaki minimum konsantrasyonudur. Bu değer hacim olarak havadaki buharın yüzdesi olarak ifade edilir.
- ✓ *Üst parlama limiti* : Kıvılcık kaynağına maruz kalındığında yanmayı oluşturan bir gaz veya buharın havadaki maksimum konsantrasyonu olup bu değer hacim olarak havadaki buharın yüzdesi olarak gösterilir.
- ✓ *Parlama noktası* : Kıvılcıktandığında yüzeyinde bir parlama ve yeterli buhar çıkışı görülen bir sıvının o andaki sıcaklığıdır.
- ✓ *Kendiliğinden tutuşma noktası* : Bir kıvılcık kaynağı olmaksızın alevlenebilen bir gaz veya buharın sıcaklığıdır.
- ✓ *Buhar basıncı* : Verilen bir sıcaklıkta sıvı ile dengede olan buharın basıncıdır. Sıcaklıkla değişir ve genellikle mmHg birimi ile ifade edilir.
- ✓ *Kaynama noktası* : Bir sıvının buhar habbecikleri oluşturup atmosfere doğru verdiği andaki sıcaklığıdır. Açık bir kapta kaynama noktasındaki buhar basıncı atmosfer basıncına eşitlenmiş demektir.

Yangın, ısı veya ışığa hızlı bir şekilde dönüşen bir oksidasyon ve redüksiyon olayı olarak tanımlanır. Bu meydana gelen reaksiyon, egzotermik ve çevresine ısı yayan bir reaksiyondur. Eğer ısı alan bir reaksiyon ise endotermik olarak bilinir. Oksidasyon yangın olmadan gerçekleşebilir. Yangın olaylarının çoğunda, oksidasyonu sağlayan ana madde havadaki oksijendir.

Her parlayıcı madde, kendine özgü bir parlayıcılık alanına sahip olup bu ‘alt ve üst parlama limitleri’ olarak verilir. Alt limitin altındaki konsantrasyonlarda çok fazla oksitleyici olup yeterli miktarda yakıt olmadığından yanma gerçekleşmez. Benzer olarak, üst limitin üstündeki konsantrasyonlarda çok fazla yakıt mevcut olup yanmayı gerçekleştirecek oksitleyici madde yeterli olmadığından yanma olayı gerçekleşmez. Bu iki limit arasındaki konsantrasyonlarda eğer aktivasyon enerjisi sağlarsa yanma gerçekleşebilir. Genel bir ifadeyle üst parlama limiti arttıkça ve alt parlama limiti azaldıkça parlayıcı madde daha tehlikeli olur [1].

3.2.4 Koroziyflk

Koroziy f maddeler, temas noktasında metalleri aşındıran veya insan derisi dokusunda değışim veya tahribe neden olan maddeler olarak tanımlanmaktadır. Koroziy f bir materyal, kimyasal bir proses sonucu mineral ve metalleri istenmeyen ürünlere çeviren madde olarak da tanımlanmaktadır [16]. Katı, sıvı ve gaz formunda bulunabilen koroziy f maddeler asitler ve bazlar olmak üzere ikiye ayrılır :

Asitler : Çözündüğü zaman suya hidronyum iyonu veren maddeler asit olarak tanımlanır. Fakat proton (hidronyum iyonu, H^+) bu hali ile çözeltide her zaman bulunmayı p hidrat halinde veya su molekölüne tutunmuş olarak bulunur. Bu sebeple asitlerin hidronyum iyonu üreten maddeler olarak tanımlanmasının daha doğru bir yaklaşım olduğu kabul edilir.

Bir asidin kuvveti , çözeltide hidronyum iyonları üretebilme kabiliyeti ile ölçölür ve kuvvetli bir asit hidrojenini n tümünü veya büyük kısmını hızlı bir şekilde hidronyum iyonu olarak çözeltiye verirken, zayıf asitler ancak küçük bir kısmını verebilirler. Bu farklılık, zayıf asitlerin kuvvetli asitlerden daha düşük bir koroziy flğe sahip olacağını göstermektedir. Kuvvetli asitlerde reaksiyon hızlı bir şekilde meydana gelirken, uzun zaman periyodu içinde zayıf asitlerde aynı koroziy f özelliğı gösterebilirler.

Asitler inorganik ve organik olmak üzere ikiye gruba ayrılırken, inorganik ve organik asitlerin en büyük farklılıkları inorganik asitlerin parlayıcı olmalarına karşılık organik asitlerin yanabilir olmasıdır.

Asitler ortak koroziy flk karakterine sahip maddelerdir. Bu özelliklerden en önemli olanları sırasıyla metaller ile reaksiyonu, bazlar ile reaksiyonu ve çözünme ısılarıdır. Asitler, metaller ile metal tuzları ve hidrojen oluşturan reaksiyon verirler ve bu reaksiyon egzotermiktir. Bir asit ile bir baz reaksiyona girerse su ve tuz oluşur. Bu reaksiyon, asit nötralize olduğu zaman gerçekleşir ve reaksiyon asit ve bazın kuvvetine bağılı olarak yüksek bir ısı yayılımına sebep olabilir. Bazı kuvvetli asitler ise su ile seyreltiklerinde yüksek ısı açığa çıkaran egzotermik reaksiyon gerçekleşir. Seyreltme ile ortaya çıkan bu ısı çözünme ısısıdır.

Bazlar : pH skalasında nötralite noktasında hidronyum iyonu kayıpları ve hidroksil iyonu üretiminin hakim olmaya başladığı ve serbest hidroksil iyonlarının çözeltiye geçtiğı alkalilik veya bazlık alanı olarak bilinir. Hidroksil iyonlarının varlığı, bazın kuvvetine bağılıdır. Zayıf asitler gibi zayıf bazlar da suda kısmen iyonize olup zayıf

bazılar da uzun süreli etki ile kuvvetli bazların gösterdiği koroziyeliğe ulaşabilirler. Bazılar da ortak koroziyeli özelliklerine sahiptirler. Bunlardan en önemlileri sırasıyla, asitler ile reaksiyon, metaller ile reaksiyon ve çözünme ısısıdır[1].

3.2.5 Reaktiflik

Tehlikeli maddeler için reaktiflik tanımları maddenin reaksiyon verebilme kabiliyetleriyle ilgili olarak kullanılmaktadır. Bu özellik, bir çok saf maddenin karışıklığı sebebiyle genel olarak spesifik bir madde grubu için verilmektedir. Buna en güzel örnek olarak peroksitleri içeren madde grubudur. Örneğin hidrojen peroksit en çok bilinen ve kullanılan peroksittir. Bu maddelerin genel formülü $R-O-O-R$ olup bu grubun iki oksijen arasındaki zayıf bağ koparıldığında, bir yakıt ile bir oksijenin ortaya çıktığı reaksiyon gerçekleşir.

Saf madde halindeki bu bileşikler, ısı ve darbelere karşı çok hassastır. Kararlı ve emniyetli olmaları için çok seyreltik formlarda taşınmaları gerekir. Bileşiklerin molekül yapılarında oksijen içerikleri, ortamda yeterli miktarda oksijen olmasa bile oluşabilecek yangın ve patlamaların destekleyicisi olacağı kesinlikle gözden kaçırılmamalıdır. Peroksitler büyük hacimlerde taşındıklarında veya endüstriyel amaçlı kullanımlarda gerekli koruma önlemlerinin alınması unutulmamalıdır.

Yangıncılar reaktiflik özelliğini W sembolü ile göstermişlerdir. Bu sembol, NFPA 704 M plakalarına sisteminde söz konusu maddenin su ile temasında şiddetli ve tehlikeli bir kimyasal reaksiyon verebileceği uyarısını göstermektedir.

Tehlikeli madde içeren herhangi bir kaza veya felaket durumunda, olaya müdahale edecek kişiler yayılan maddeler ve diğer maddeler arasındaki reaktiflik konusunda bilgilendirilmiş ve uyarılmış olmalıdırlar. Böylelikle müdahale eden kişiler için gerekli olan koruma tedbirleri alınabilecektir. Müdahale eden kişilerin aşağıda sözü geçen özellikleri tanımlanmış olmaları gerekmektedir. Bunlar;

1. Piroforik maddeler : Hava ile temasta tutuşanlar
2. Su ile reaktif olan maddeler
3. Uyumuz maddeler : Bu maddeler istenmeyen reaksiyonlara neden olarak zehirli buharlar, tutuşma veya bozunma meydana getirebilirler[1].

3.2.6 Zehirlilik

Tehlikeli maddelerin bir diğ er özelliğ i olan zehirlilik (toksisite) çalış ma kapsamında değ erlendirilecek en önemli özelliklerden biridir.

Toksikoloji, kimyasal maddelerin biyolojik sistemler üzerinde zehirlilik etkilerini araştır an bilim dalıdır. Tüm kimyasallar yeterli miktarda ve uygun bir maruz kalma ile alındıklarında zehirlidirler. Zehirlilik istenmeyen bir durum veya bir zarar olarak ortaya çıkar. Zehirlilikle meydana gelen etkiler, deride tahriş veya yırtılma gibi küçük etkilerden, böbrek veya karaciğ er rahatsızlıkları gibi ciddi problemler hatta akciğ er hastalığı veya böbrek yetmezliği gibi kalıcı hastalık durumlarına kadar geniş bir fizyolojik sistemi içerisinde dağılmıştır. Zehirlilik uzmanları, bu meydana gelen etkilerin böyle geniş bir aralıkta cereyan etmesinden ötürü birkaç özel nitelikler belirlemişlerdir. Her zehirlilik uzmanı, kimyasal maddelerle meydana gelecek ters etkileri tespit etmek ve bu etkilerin meydana gelme olasılığını değ erlendirmek gibi zehirliliğ in bir veya birkaç temel fonksiyonunu yerine getirmektedir [16].

Zehirlilik sistemik veya lokal olabilir. *Lokal zehirlilik*, deride döküntü, leke ve su toplanma ile oluşan veya dermatitis etkiler anlamındadır. *Sistemik zehirlilik*, canlı üzerindeki bir sistemiç ine tümüyle yayılan bir etkidir. Zehir, vücudun bir veya birkaç noktasında etkili olmasına rağmen sistemin büt ününe etkisi yayılabilir. Tiroid, karaciğ er veya böbrek gibi bir hedef organ sistemin büt ünü içinde seçilebilir. Sistemik zehirleyiciler için anestezi kler, narkotikler, nitratlar ve karbon monoksit örnek olarak verilebilir.

İstenmeyen etkiler canlıların sağ lını direkt ilgilendiren etkiler olup geçici veya kalıcı olabilirler. Bu olumsuz etkiler, tahriş, hassaslaş ma, organlarda deformasyon, kanser, alerji ve hatta ölüm olarak tanımlanabilir. Tehlikeli kimyasal maddelerle oluşan zehirli etkiler, farklı şekillerde ortaya çıkarlar. Bu belirtiler, 24 saatlik bir maruz kalma ile ortaya çıktığında akut etkiler olarak tanımlanır. *Akut etki*, genellikle kısa maruz kalma süreleri sonucunda meydana gelip orta ve daha yüksek dozlarda cereyan eder. Bu tür etkinin en önemli belirtileri, göz, burun ve boğazda tahriş, deride çeşitli lekeler, baş ağ rısı, kusma ve hatta ölüm olup akut etkilerin çoğu geçicidir [1].

Tablo 3.1’de tehlikeli maddeye maruz kalma sonucu meydana gelen akut etkilere göre zehirlilik sınıfları verilmiştir [17].

Tablo 3.1 Akut etkilere göre zehirlilik sınıfları

Çoğunlukla kullanılan terimler	LD Fareler için tekil ağız yoluyla alınan doz (g/kg)	6 fareden oluşan gruplarda 2-4 ölüme yol açan buharın maruz kalınan miktarı (ppm)	LD Tavşanların derisi için (g/kg)	İnsan için olası öldürücü doz(g)
Aşırı derecede zehirli	≤0.001	<10	≤ 0005	Tat (1 gr)
Yüksek derecede zehirli	0.001- 0.05	1- 10	0.005-0.043	1 tsp (4 cc)
Orta derecede zehirli	0.05-0.5	100- 1000	0.044-0.34	1 oz (30g)
Az zehirli	0.5-5	1000- 10000	0.35-2.81	1 pint (250 g)
Pratikte zehirli değil	5.0-15.0	10000- 100000	2.82	1 qt
Göreceli olarak zararsız	15.0	100000	22.6	1 qt

Bir kimyasala uzun süreli maruz kalma ile oluşan etkiler *kronik etki* olarak ifade edilir. Bu etki genellikle düşük konsantrasyon veya dozlara uzun maruz kalma süreleriyle ortaya çıkar ve genellikle kalıcıdır. Kronik etkiler, karaciğer veya böbrek tahribatı, kanser, doğum bozuklukları ve mutasyon olarak ortaya çıkarlar.

Akut ve kronik etkilerin ortaya çıkması değişik nitelikteki etkenlere bağlıdır. Bunlar:

- *Tehlikeli maddeye maruz kalma yolu*: Tehlikeli maddenin vücuda alınması ağız yolu, solunum ve deri yoluyla gerçekleşir. Örneğin, ağız yoluyla alındığında zehirlilik etkisi gösteren kimyasal madde dozu, deri yoluyla alındığında daha zehirli olabildiği gibi zehirlilik etkisi de gösterebilir.
- *Gnsiyet*: Gnsiyet de maddenin vücutta depolanması veya vücuttan atılması üzerinde belirli etkiye sahiptir. Kadınların vücudunda yağ dokusu yüzdesi erkeklere nazaran daha fazla olduğu için zehirli maddeler daha fazla absorbe olabilir. Erkek ve kadınlarda karşı cinsten farklılık gösteren organlar da vardır. Bazı kimyasal maddeler bu organları etkilerler. Bu, bazı kimyasalın

bir cinsi yeti etkilemeksinin diğer cinsi yeti etkileyebileceği anlamındadır. Bazı kanser ve hastalık türleri cinsiyet ile ilişkilidir.

- *Yaş:* Yaşlı kişilerin maruz kalınan kimyasalın vücut içerisindeki bozunmaları, kas yapıları ve metabolizmalarındaki farklılıklara göre değişmekte ve böylece zehirliliğe neden olan seviyelerde bu farklılıklara göre değişiklik göstermektedir. Öeyandan çocukların daha hızlı solunum yapıları ve farklı organlarının daha duyarlı olmaları, metabolizmaları ve kimyasal maddeyi elimine etmedeki farklılıkları ve pek çok biyolojik karakteristikleri sebebiyle çocuklar yetişkinlere göre farklı risk değerlendirilmesi gerektirirler[16].

Yukarıda değinilen etkenler insan tepkisini etkileyen faktörler olarak da anılmaktadır. İnsan tepkisini etkileyen bir diğer faktör de kimyasal etkilidir. İki veya daha fazla maruz kalınan kimyasal maddelerin varlığında zehirlilik için dört şekilde etkileşimsöz konusudur[1]. Bunlar :

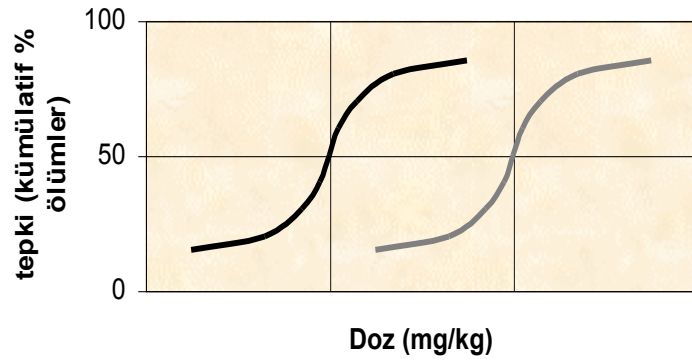
Toplamal etkilere m: Biri birinden bağımsız olarak etki eden iki bileşimin etki her birinin tek başlarına etki ettiklerinde ortaya çıkacak etkinin toplamına eşit olacaktır ($1+1=2$)

Sinerjistik etkilere m: İki veya daha fazla zehirli madde bir arada gösterdikleri etki tek başlarına gösterdikleri etkinin toplamından daha büyük bir etki yaratırlar ($1+1=10$).

Potansiyel etkilere m Biri zehirli diğeri zehirli olmayan iki madde bir araya geldiğinde zehirli olan maddenin tek başına gösterdiği etkinin üzerinde etki gösterirler ($1+0=5$).

Antagonistik etkilere m Bir maddenin etkisinin diğeri bir madde tarafından azaltılması ile ortaya çıkar ($1+1=1/2$).

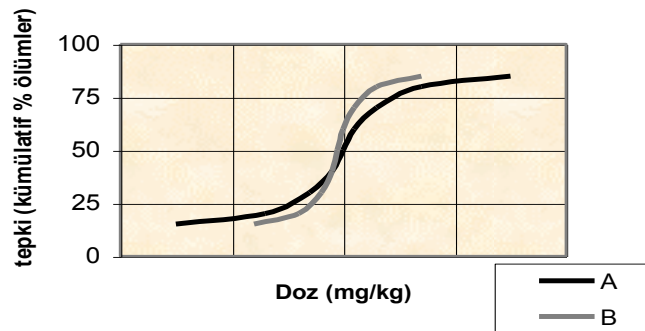
Toksikoloji uzmanları, bir kimyasalın zehirliliğini hayvanlara uygulanan testlerdeki farklı dozların aracılığı ile ölçerler. Esas alınan yaklaşım hayvanlara uygulanan bu dozların insanlar için de gerek sistem gerekse organlar için benzer tepkiler yaratacağıdır. Bir kimyasal için hayvanlara yapılan deneylerde hayvanlar için verilen belirli dozlar karşısında ortaya çıkan etkiler grafikleştirilirse elde edilen eğri doz-tepki eğrisi olarak adlandırılır. Bu eğri, zehirli kimyasalın artan dozlarına karşı test popülasyonunun nasıl bir reaksiyon göstereceğini saptamaya yönelik oluşturulur. Tipik bir doz-tepki eğrisi Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Doz-tepki eğrisi

Bu eğrilere göre genellikle gözlemlenen tepkinin altında kalan dozlar tespit edilebilir. Bu dozun etkisinin gözlemlendiği nokta eşik değer dozu olarak tanımlanır ve bu durumdaki tepki ölümdür. En düşük dozda ise ölüm hali yoktur. Yüksek dozlarda daha farklı tepkiler gözlemlenebilir, test hayvanları hastalanabilirler ama ölmeyebilirler. Doz arttıkça daha büyük bir yüzde ile zehirlilik etkisi görülür. Test hayvanlarının yarısının öldüğü doza LD_{50} denilir ve genellikle vücut ağırlığı (kg) başına bir doz olarak gösterilir. Gerçek doz ise vücut ağırlığı ile LD_{50} değerinin çarpımıyla elde edilir.

Farklı kimyasalların eşdeğer doz-etki eğrilerinden LD_{50} değerleri bulunarak rölatif zehirlilikleri tespit edilebilir. Yüksek LD_{50} değerine sahip bir madde düşük LD_{50} değerine sahip bir maddeden daha düşük zehirlilik etkisine sahiptir. Elbette bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için maddelerin her ikisinin de ölümcül etkileri dışında öldürücü olmayan yan etkileri hakkında bilgi sahibi olunmalıdır. Daha az ölümcül olan madde diğer maddeden çok daha düşük bir dozda ölümcül olmayan bir etki yaratabilir.



Şekil 3.2 İki maddenin doz-tepki eğrilerinin karşılaştırılması

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi iki eğri çakışmıştır. B bileşiği A bileşiğinden daha düşük bir LD_{50} değerine sahiptir. Halbuki, LD_{20} değeri daha düşük olan A maddesi düşük dozlarda daha zehirli olacak ve B maddesinden daha önce ölüm gerçekleşecektir. Bu grafikten görüldüğü gibi farklı kimyasallar için hazırlanan doz-tepki eğrileri birbirilerine göre büyük farklılıklar gösterebilirler[1].

Tehlikeli maddelere maruz kalma sonucu zehirlilik etkisi veya hastalık etkisi görülen konsantrasyon değerleri de olduğu anlaşılmış ve bu değerler yaşam tehlikesi yaratan maruz kalma limitleri olarak adlandırılmıştır. Bu dozlara maruz kalma şekilleri kimyasal madde üretimi sırasında çalışanlar arasında koruyucu bilgileri hızla sağlamayı gerektirmektedir. OSHA ve ACGIH işçiler arasında ters etki yaratan havadaki konsantrasyonları, bunların dozlarını ve korunma koşullarını her bir tehlikeli madde için oluşturmuştur. Buna göre sıklıkla kullanılan terimler aşağıdaki gibidir:

İzin Verilebilir Maruz Kalma Limiti (PEL), sadece OSHA (İş ve İşçi Güvenliği ve Sağlık Teşkilatı) tarafından kullanılan bir terimdir. PEL değerleri çalışmamak ortamında bulunabilecek maksimum konsantrasyonu gösterir, bu değer üzerindeki değerlere maruz kalınması istenmez. Buna rağmen PEL, hamile, yaşlı ve hasta kişiler için koruyucu olma özelliği göstermez. PEL’in sayısal değeri TLV-TWA değerine çok benzer ancak her zaman eş değeri olmayabilir.

Eşik sınır değer- Zaman ağırlıklı ortalaması (TLV-TWA), ACGIH (Amerika Devlet Endüstriyel Hfzısıha Konferansı) tarafından üretilmiş olup haftada 5 gün ve günde 8 saatlik maruz kalma sürelerini aşmayan işçinin zarar görmeyeceği eşik değer olarak görülür. Bu değerler de hamile veya yaşlı kişiler için koruyucu özellik taşımaz. Aynı organ sistemi üzerine etkili olan kimyasal karışımlar için TLV-TWA değeri çoğunlukla bu bileşenin toplam değeri olarak kabul edilir. TLV konsantrasyonu ile ilgili belli terimler TLV-Tavan, TLV-Kısmi ve IDLH dir.

TLV-Tavan (TLV-Cel), çalışma zamanının herhangi bir anında aşılmaması gereken konsantrasyonun üst limitidir. TLV-Tavan değerleri belirlenmiş olan maddelerde bu değerler kısa maruz kalmalar dışında aşıldığında ani tahriş nedeni olarak ortaya çıkarlar.

TLV-Kısmi (TLV-Stel), kısa süreli maruz kalma limitidir ve istenmeyen etkiler yaşamadan kısa süreli olarak maruz kalılabilecek konsantrasyonu temsil eder. Bu

konsantrasyona maruz kalma halinde günde her biri en az 15 dakika sürecek 4 mola verilmalıdır ve iki mola arasındaki zaman 60 dakikadan az olmalıdır.

IDLH ise yaşam ve sağlık için ani tehlike yaratan konsantrasyon değeridir. *IDLH* 30 dakika içerisinde kalıcı sağlık etkileri bırakabilen ve kazayla meydana gelen solunumla ortaya çıkan maksimum konsantrasyon olarak tanımlanır[1].

3.3 Tehlikeli Maddelerin Sınıflandırılması

Tehlikeli madde olma özelliği değerlendirilen maddeler ve özellikle sudaki maddelerin sayıca çokluğu, onların sınıflandırılarak kontrol edilmesi gerektirmektedir. Sınıflandırmada, genellikle bütün ülkelerde ve yönetmeliklerde tehlikeli maddenin özellikleriyle oluşturulmuş belirli kriterler ve potansiyel tehlike değerleri esas alınmakta ve bir derecelenme sistemine oturtulmaktadır. Bunların içinde en önemli tehlike kriteri zehirlilik olarak ortaya çıkmaktadır. Buna göre literatürde yer alan bazı sınıflamalar aşağıda anlatılmıştır.

1970 senesinde ABD Su Kalitesini İyileştirme Yasası (US WQ Improvement Act) tehlikeli maddeleri aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır[18].

1. Anti mon, arsenik, berilyum, bor, kadmiyum, bakır, kurşun, cıva, nikel, selenyum, gümüş, talyum ve diğer benzer yapıdaki elementlerin, elementel veya bileşik formları.
2. Arsenatlar, arsenitler, kromatlar, siyanür, flor alüminatlar, flor osilikatlar, fosförlükler ve benzeri yapıdaki diğerleri gibi zehirli anyonlar.
3. Siyanojen ve fosgen gibi yüksek derecede tehlikeli zehirliler (sınıf A) aseton, siyanohidrin ve sodyumarsenit gibi daha az tehlikeli zehirliler (sınıf B), brombenzil siyanür ve kloroasetofenon gibi göz yaşırtıcı gazlar ve tahriş edici maddeler (sınıf C) uranyum233 ve iyot 129 gibi radyoaktif maddeler (sınıf D)
4. DDT, aldrin, klordan, endrin ve topksefen gibi pestisitler ve fungusitler içeren ticari zehirler,
5. Fiziksel, kimyasal, biyolojik radyoaktif ve yancı özellikler gösteren diğer maddeler

Tehlikeli maddeler hakkında Ulusal Araştırma Konseyi komitesi tarafından ABD kıyı korumaya hazırlanan bir rapor daki tehlikeli maddelerin önerilen sınıflandırma şu unsurlara dayanmaktadır:

- ✓ Sudaki kirleticilik potansiyelleri ve aktiviteleri
- ✓ Yangın ve sağlık açısından zararlılıkları

Bu önerilen sınıflandırma, en düşük çevresel tehlike oranına sahip maddenin tanımlandığı ‘‘Derece 0’’ dan başlayan ve yüksek tehlike derecesini tanımlayan ‘‘Derece 4’’ e ulaşan 5 kategorilik bir skaladan oluşmaktadır. Yüksek derece tehlikeli maddelerin biyolojik sınıflandırması Tablo 3.2 de verilmiştir [19].

Tablo 3.2 Yüksek tehlikeli maddelerin biyolojik sınıflandırılması

Gösterge	SINIFLANDIRMA	
	Derece 3	Derece 4
LD ₅₀ , mg/kg	50-500	<30
TLV	1-100	<1
Zehirlilik	Hafif	Şiddetli
Tahriş edicilik	Sıvılar birkaç dakika maruz kalma sonucu ikinci derece yanık oluştururlar. Buhar tolere edilemez.	Sıvılar birkaç dakika maruz kalma sonucu ikinci ve üçüncü derece yanık oluştururlar. Buhar kalıcı hastalık veya ölümüne sebep olur.
Reaktiflik	Su ile ve/veya kendi kendine çok kuvvetle reaksiyon vererek stabilize olabilen tehlikeli maddeler	Su ile ve/veya kendi kendine reaksiyon girerek patlamalara yol açabilen tehlikeli maddeler

Ülkemizde ise tehlikeli maddeler yasal çerçevede aşağıdaki şekillerde sınıflandırılmıştır:

1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Suda Kirletic ve Zararlı Maddeler Tebliği’nde tehlikeli ve zararlı kimyasallar için 4 su tehlike sınıfı (STS) belirlenmiştir [15].

STS 4: A1cı su ortam için ‘‘çok tehlikeli ve zararlı’’ maddeler sınıfı

STS 3: A1cı su ortam için ‘‘tehlikeli ve zararlı’’ maddeler sınıfı

STS 2: A1cı su ortam için ‘‘az tehlikeli ve zararlı’’ maddeler sınıfı

STS 1: A1cı su ortam için ‘‘tehlikesiz ve zararsız’’ maddeler sınıfı

2. Zararlı Kimyasal Maddeler ve Ürünlerin Kontrolü Yönetmeliği'nde ise depolama ile ilgili sınıflandırma aşağıdaki gibi yapılmıştır[14].

Sınıf 1: Patlayıcılar

Sınıf 2: Gazlar

Sınıf 3: Parlayıcı sıvılar

Sınıf 4: Parlayıcı katılar

Sınıf 5: Oksitleyici maddeler ve organik peroksitler

Sınıf 6: Zehirli ve mikrop bulaştırıcı maddeler

Sınıf 7: Radyoaktif maddeler

Sınıf 8: Aşındırıcı korozif maddeler

Sınıf 9: Diğer tehlikeli maddeler

3.4 Stren-akrilat ko-polimerinin Tehlikeli Madde Olarak Değerlendirilmesi

Stren-akrilat ko-polimerinin çalışma konusuna uygun olarak içme suyu ile temasta tehlikeli olma özelliği değerlendirilmiş ve bu kopolimerin bir yapı malzemesi bileşeni olarak insan sağlığı açısından risk değerlendirme yapılmıştır. Maddenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, insan sağlığını etkileme bilgileri, insan sağlığı için tolerans limit değerleri (TLV) ve izin verilebilir maruz kalma değerleri (PEL) ve korunma ve sakınma ile ilgili emniyet bilgileri oluşturulmuştur. İnsan sağlığı için risk değerlendirmesine esas alınan veri gereksinimi bu bileşen için oluşturulacak güvenlik formarıyla sağlanmaktadır. Bu aşamada, deneysel çalışmaya esas alınan ve içme suyu depolarında kullanılan bir yapı malzemesinin bileşeni olarak stren-akrilat ko-polimeri tehlikeli madde olarak değerlendirilmiştir. Ancak böyle bir polimer bileşiğin tehlikeli madde sınıflandırma sistemi içerisinde bilgi formatının olmadığı aşikardır. Bu nedenle polimeri oluşturan stren ve akrilik asit bireysel maddeleri, temel maddeler olarak standartlar ve özellikleri açısından gerek 'tehlikeli madde' gerekse 'mikrokirleticisi' kapsamında risk değerlendirmesine alınmıştır. Stren ve akrilik asit için MSDS tabloları Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'de verilmiştir[20].

(Poli stren butil akrilat) $\longrightarrow$ (poli stren -b- akrilat) $^{\circ}$

$\downarrow \text{O}_2$

Poli mer - O O $^{\circ}$

Poli meri k peroksi radi kali

$\downarrow \downarrow \downarrow$

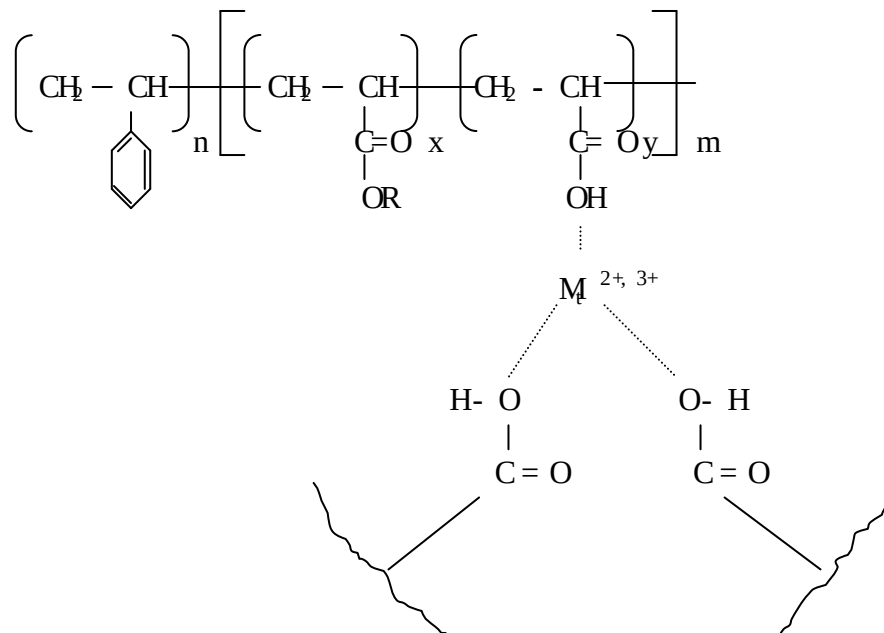
Poli mer - C -
Karbonil grubu

$\downarrow \text{hv}$

Norri sh I
Norri sh II tip ba ğ par al an ma

Ps ba ğ par al an na sı Ps

Oli go mer Oli go mer



48

Tablo 3.3 Sreniğin MSDS tablosu

Tehlikeli madde veri tablosu									
Madde adı : Sren				DOT No : UN 2055			STTC No : 4907265, 4907235		
Diğer isimlendirmeler : Vinil benzen, etinil benzen, sren monomer, styrol									
Tehlike/ Zarar sınıfı : Parlayıcı, reaktif									
NFPA 704 İşaretleri :			Sağlık: 2		Parlayıcılık: 3		Reaktiflik: 2		
Fiziksel özellikler									
Form			Renk		Koku		Kimyasal formülü		Moleküler ağırlık
Katı ☐	Sıvı ☒	Gaz ☐	Renksiz- sarımsı		Aromatik		C ₈ H ₈		104.14
Kimyasal özellikler									
Gerçek temp.	Kaynama noktası	Ergime noktası	Buhar basıncı	Spesifik gravite	Buhar yoğunluğu	Çözünürlüğü	Çözünme derecesi		
	145 °C	-30.6 °C	5 mm hg 20 °C	0,9059 20 °C	3.6	Suda çok az	310 mg/l 25 °C		
Fiziksel Tehlike/ Zarar									
PARLAYICI : ☒		Gerçek sıcaklık			Parlama noktası		Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı		
OKSİTLEYİCİ : ☐					31 °C		489 °C		
PATLAYICI : ☒		Gerçek konsantrasyon			Parlama aralığı		Zararlı bozunma ürünleri		
REAKTİF : ☒ Oksitleyiciler, alkali metal grafitler					Yüksek : %3.1 Düşük : %-1.1		CO ve CO ₂		
Sağlık tehlikesi/zararı									
Akut sağlık tehlikeleri		Gerçek konsantrasyon		Yaşam tehlikesi yaratan maruz kalma limitleri					
Zehirli ☒				TLV-TWA (PEL)		TLV- Kısmi		TLV-tavan	
Korozif ☐				100 ppm (CSHA)		100 ppm (ACGIH)			
Boğulma : ☒		Koku eşik		Yaşam tehlikesi yaratan maruz kalma limitleri					
Radyasyon : ☐		0.036 mg/ m ³		IDLH		LC ₅₀		LD ₅₀ Ağız yoluyla	
Tip: alfa beta gama				700 ppm		10000ppm/30m		1500 mg/kg	
Kronik sağlık etkileri		Vücuda alınma yolları				Zehirlilik derecesi			
Kanserogen ☒		Solunum ☒				1 2 3 4 5 6			
Mutajen ☐		Deri teması ☐				1 2 3 4 5 6			
Teratogen ☐		Ağız yoluyla ☒				1 2 3 4 5 6			
Suya/tehlike zarar ☒									
Müdahale bilgisi									
İLK YARDIM: Solunduğu takdirde güç nefes almaya veya geçici hafıza kaybına yol açabilir. Maruz kalan kişi, hemen temiz havaya çıkartılmalıdır. Nefes alınmıyorsa suni teneffüs yapılmalıdır. Ayrıca hemen tıbbi müdahale edilmelidir. Deri : Temas ettiği yer bol sabunlu su ile 15 dakika süreyle yıkanmalıdır. Buluşmuş giysiler çıkartılmalı ve temizlenmelidir. Acilen tıbbi müdahale gereklidir. Gözler : 30 dakika süreyle göz kapakları kaldırılarak bol suyla gözler yıkanmalıdır. Acilen tıbbi müdahale gereklidir.									

Tablo 3.4 Akrilik asit için MSDS tablosu

Tehlikeli madde veri tablosu							
Maddenin adı : Akrilik asit			DOT No : UN 2218		STTC No :		
Dışarıya çıkarılabilir : Hilen karboksilik asit, 2-propionik asit							
Tehlike/ Zarar sınıfı : Kendiliğinden tutuşan madde							
NFPA 704 İşaretleri :		Sağlık : 3		Parlayıcılık : 2		Reaktiflik : 2	
<i>Fiziksel özellikler</i>							
Form			Renk		Koku	Ki myasal formülü	Moleküler ağırlık
Katı ☐	Sıvı ☒	Gaz ☐	Renksiz		Keskin	C ₃ H ₄ O ₂	72.06
<i>Ki myasal özellikler</i>							
Gerçek temp.	Kaynama noktası	Ergime noktası	Buhar basıncı	Spesifik gravite	Buhar yoğunluğu	Çözünür mü?	Çözünme derecesi
	141 °C	14 °C	3 mm hg 20 °C	1.0621	2.5	Suda çözünür	>10 mg/l 25 °C
Fiziksel Tehlike/ Zarar							
PARLAYICI : ☒		Gerçek sıcaklık		Parlama noktası		Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı	
OKSİTLEYİCİ : ☐				54.4 °C		360 °C	
PATLAYICI : ☒		Gerçek konsantrasyon		Parlama aralığı		Zararlı bozunma ürünleri	
REAKTİF : ☒ Kuvvetli bazlar, N, Cu				Yüksek : %8.0 Düşük : %2.4			
Sağlık tehlikesi/zararı							
Akut sağlıktehlikeleri		Gerçek konsantrasyon		Yaşam tehlikesi yaratan maruz kalma limitleri			
Zehirli ☒				TLV-TWA (PEL)		TLV-Kısmi	TLV-tavan
Korozif Metaller ☒				2 ppm (OSHA)		2 ppm (ACGIH)	-
Boğulma : ☒		Koku eşliği		Yaşam tehlikesi yaratan maruz kalma limitleri			
Radyasyon : ☐		1.04 ppm(havada)		IDLH		LC ₅₀	LD ₅₀ Ağız yolu-fare
Tip : alfa beta gama				-		5300 mg/m ³ 2 saat	3200 mg/kg
Kronik sağlıktehlikeleri		Vücuda alınma yolları		Zehirlilik derecesi			
Kanseröjen ☐		Solunum ☒		1 2 3 4 5 6			
Mutajen ☐		Deri teması ☒		1 2 3 4 5 6			
Teratöjen ☐		Ağız yolu ile ☒		1 2 3 4 5 6			
Suya/tehlike zarar ☒							
Müdahale bilgisi							
İLK YARDIM : Solunduğu takdirde zor nefes almaya veya hafıza kaybına yol açabilir. Bu durumda hemen temiz havaya çıkartılmalıdır. Nefes alınmıyorsa suni teneffüs yapılmalıdır. Solunum güç ise oksijen verilmelidir. Ayrıca hemen tıbbi müdahale edilmelidir. <u>Deri</u> : Temas ettiği yer bol sabunlu su ile 15 dakika süreyle yıkanmalıdır. Buluşmuş giysiler çıkartılmalı ve temizlenmelidir. Acilen tıbbi müdahale gereklidir. <u>Gözler</u> : 30 dakika süreyle göz kapakları kaldırılarak bol suyla gözler yıkanmalıdır. Acilen tıbbi müdahale gereklidir.							

4. RİSK DEĞERLENDİRMESİ

4.1 Giriş

Risk kavramını ve onun değerlendirilmesini çevresel faaliyetler için yapmak oldukça zordur. Riskin her zaman ölçülebilirliği olmadığı gibi riski nümerik bir değer ile tanımlamak da çok zordur. Ancak çoğu zaman riskin değerlendirilmesi mümkün olup bazı ölçüler ve olasılıklar tanımlanabilmektedir. Potansiyel bir tehlikenin saptanabilmesi ve değerlendirilebilmesi çevresel etkilerin değerlendirilmesine esas teşkil eder ve çevreye olumsuz etkilerin kestirimi benzer faaliyetlerde ortaya konulmuş ise değerlendirme daha kolay hale gelebilir. Risk değerlendirmesi insan sağlığı için yapılacaksa dört temel adımla ön plana çıkmaktadır. Bunlar sırasıyla; tehlikenin tanımlanması, doz-tepki değerlendirilmesi, maruz kalma ve risk karakterizasyonudur. İnsan sağlığı için risk değerlendirilmesi kapsamında, bazı terimlere ve tanımlarına yer verilmesi uygun olacaktır.

Risk, bir maddenin, bir olayın veya bir yapının belirli koşullar altında ortaya çıkabileceği olumsuzluğun olasılığıdır. Riskin iki bileşeni vardır; olumsuz bir olayın meydana gelme olasılığı ve meydana gelen olumsuz olayın sonuçlarıdır.

Risk, çevrede ve insan sağlığı üzerindeki etkileri kapsar ve korunmasız olma ile işi şansa bırakma şeklinde ortaya çıkar. Diğer bir ifadeyle eğer istenmeyen bir durum maruz kalınmaz ise risk oluşmaz veya riskten söz edilmez. Tehlikeli ise karışık veya kötü bir etki potansiyeline sahip madde veya durumla saptanır. Riski kısaca insan sağlığı, yaşam veya çevreye ters ve istenmeyen sonuçların gerçekleşme potansiyeli olarak tanımlayabiliriz [1].

Risk, 0 (zararın meydana gelmeyeceğini ifadesi) ile 1 (zararın meydana geleceğini kesin ifadesi) arasında nicel değerlerle tanımlanabileceği gibi “yüksek, düşük veya önemsiz” gibi nitel değerlerle ifade edilebilir.

Tüm insan aktiviteleri riskin belirli derecelerini taşımaktadır. Kimyasal maddelere maruz kalma ile meydana gelen risk hem değerlendirilemez ve miktarı ölçülemez. Kimyasal maddelere maruz kalma ile oluşan risk tipleri üzerinde belirli bilgiler bir

araya getirilmiş olsa da (ilaç, pestisit veya endüstriyel kimyasallara kaza yolu veya aşırı dozla maruz kalanlardan ölenlerin yıllık riski) bazı bilgiler genellikle akut zehirlenmelere karşı sınırlı kalmaktadır[21].

Risk analizi, risk değerlendirme, risk takdiri ve risk yönetimi seçeneklerini içeren detaylı bir incelemedir. Bu inceleme insan sağlığı, yaşam ve çevreye olan istenmeyen olumsuz sonuçları saptamak için yapılır. Gerçekleşmesi istenmeyen durum ve olaylarla karşılaşıldığında bilgi sağlamaya yarayan analitik bir proses olup bu proste tanımlanmış riskler için olasılıklar ve beklenen sonuçların sayısal değerlendirilmesi yapılır.

Risk değerlendirme, birey, grup, toplum veya çevre için kabul edilebilir bir risk seviyesini ortaya koyan bilgiyi toplamaya ve oluşturma sürecidir.

Risk kestirimi, mümkün olduğu kadar sayısal risk özelliklerinin bilimsel olarak saptanmasıdır. Risk özellikleri büyüklüğü, üçüncü boyutu, zamanı ve istenmeyen sonuçların derecesini içerdiği gibi neden-sonuç bağlantıları ile tanımlanan ilgili olasılıkları da içerir.

Risk takdiri, riskin kabul edilebilirlik ve önemi hakkındaki kararların verildiği risk değerlendirme bileşenidir.

Risk belirleme, mevcut olan bir tehlike ve onun özelliklerini tanımlama çalışmasını ortaya koymaktır. İstenmeyen sonuçların göz önüne alınmasından önce bile sıklıkla karşılaşılan ve hatta ölçülebilen belirli risklerdir. Diğer durumlarda ise, beklenen, olası tehlikeleri dikkatli gözden geçirmeyi gerektiren bir işlemdir[1].

Karşılaştırmalı risk, aynı amaçla yöneli ki veya daha fazla eyleme ilgili risklerin ortaya konulmasıdır. Sayısal bir oranla veya nitel olarak belirtilir. Ortak bir skalaya göre iki veya daha fazla zararın riskleri arasında yapılmaktadır. Örneğin, farklı aktivitelerle ilişkili olarak potansiyel sağlık risklerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi, tehlikeli maddenin çevre ortamındaki tahmin edilen konsantrasyonları, maruz kalma ve riskler ile kamu sağlığı koruma standartlarını karşılaştırmaya ile gerçekleştirilir[23].

Kaynağı belli risk, herhangi bir olay veya maddeye maruz kalma ile ortaya çıkan felaketin oranıdır. Bu oran, maruz kalma ile maruz kalma oranı arasındaki fark ile elde edilir.

Çevresel etki değerlendirme, çevre üzerinde yapılması planlanan bir faaliyet veya eyleme ait olumlu, olumsuz etkileri anlamak ve teklif edilen eylemin seçeneklerini sunmak, eylemsizlik kararını verebilmek için karar vericiye tüm bilgileri sağlamaktır.

Tehlike, yaşam veya yaşamsal organlara zarar gibi istenmeyen sonuç doğuracak potansiyele sahip durum veya koşuldur.

Tehlike değerlendirme, tehlikenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin takdiri ve analizidir.

Tehlike belirlenmesi, sağlık koşullarında bozulmaya neden olabilen bir maddeye maruz kalınan kalınmadığını saptama sürecidir.

Rölatif tehlike, tehlikeye maruz kalmanın göreceliği ile ilgili olup, alınan önlemlere bağlı olarak büyük veya küçük olabilir.

Zarar, tehlikenin kontrol edilememesi durumunda ortaya çıkan fiziksel, fonksiyonel veya maddi zarar durumudur[1].

4.2 Tehlikenin Belirlenmesi

Tehlike belirlenirken, iki tür bilgi bir araya getirilir ve değerlendirilir. Bunlar sırasıyla; bir kimyasal maddeye maruz kalma sonucu meydana gelen zarar veya hastalığın ne türde olduğuna dair toplanan bilgiler ve hasar veya hastalığın ne tür maruz kalma şartları altında gerçekleştiğine ilişkin bilgilerdir. Kimyasalın vücut içerisindeki davranışı ve organ, hücre ve hatta hücre parçalarının birbiriyle olan etkileşimi bu toplanan bilgilerle karakterize edilebilmektedir. Tehlikenin tanımlanmasının risk değerlendirme olarak ifade edilmesi yanlış olup, bu adımlar popülasyonda gözlemlenen toksik etkilerin benzer şartlarda başka bir popülasyonda gözlemlenip gözlenmeyeceğini saptamasına yarayan bir adımdır. Bir başka deyişle, hayvanlarla yapılan çalışmalarda teratojen veya kanserojen olduğu saptanan bir tehlikeli maddenin insanlarda aynı sonuçları verip vermeyeceğini tayinine yarayan bir adımdır.

Tehlikenin belirlenmesi için gerekli olan bilgiler, deney hayvanlarının maruz kaldığı kimyasal maddelerin toksik özellikleri, tehlikeli kimyasala maruz kalan insan popülasyonunun kontrollü epidemiyolojik incelemeleri, maruz kalan kişilere ait klinik çalışmaları ve meydana gelmiş benzer olaylara ait raporların elde edilmesi ile

sağlanır. Klinik çalışmaları veya daha önce meydana gelmiş benzer olaylara ait raporlar risk değerlendirmesi için önemli ve gerekli bilgileri sağlamaktadır. Ancak bu bilgilerin her zaman elde edilmesi mümkün olamamaktadır. Bu sebeple, risk değerlendirmesi için gerekli olan zehirlilik bilgilerinin diğer önemli kaynağı olan hayvan testleri ve epidemiyolojik çalışmalar üzerinde durulmuştur[21].

4.2.1 Hayvan Testleri

Zehirlilik çalışmaları, maruz kalınan tehlikeli madde tarafından oluşacak toksik hasarın tabiatını ve belirli oranda alınan dozlarda hangi hasarın oluşacağını saptamaya yönelik olarak yürütülmektedir. Burada sözü edilen “madde”, saf veya yabancı maddeleri içeren bir kimyasala veya kimyasallar karışımına karşılık gelmektedir. Bu tür çalışmalar için genel olan başlangıç noktası deney hayvanlarında yürütülen akut zehirlilik çalışmalarıdır. Akut toksisite çalışmaları, uzun süreli yapılan zehirlilik çalışmalarında kullanılan hayvanlarda öldürücü olmayacak dozu hesaplamak için kullanılır. Ayrıca, bazı çalışmalar da bileşiğin karşılaştırmalı toksisitesinin tahmini sağladığı gibi kronik toksisite için hedef organ sistemini gösterebilmektedir. Risk değerlendirmesinin yapılabilmesi için tehlikeli maddenin öldürücü özellikleri ve LD₅₀ (maruz kalan popülasyonun %50’si için öldürücü doz) değerleri toksikolojiler tarafından tespit edilmektedir.

4.2.2 İnsanlar Üzerine Yapılan Çalışmalar

İnsan toplumlarına ters etkileri olan tehlikeli maddeler hakkında gerekli olan bilgiler 4 ana kaynaktan elde edilmektedir. Bunlar; maruz kalan kişilerde kişiye özgü semptomların gözlemlenmesi, tıbbi personel tarafından hazırlanan vaka raporları, değişken çevresel koşullara bağlı olarak insanlardaki hastalık oranlarının ne türde farklılık gösterdiğini saptamaya yönelik korelasyon çalışmaları ve epidemiyolojik çalışmalarıdır.

Epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen inandırıcı sonuçlar yeteri kadar faydalı olabilir. Çünkü elde edilen veriler, spesifik bir kimyasal maddeye maruz kalındığında gerekli ve yeterli derecede bilgiyi sağlamaktadır. Bu nedenle iyi düzenlenmiş ve kontrol edilmiş çalışmalardan sağlanan sonuçlar yapılan hayvan deneyleri sonuçlarından daha etkilidir[21].

Epidemiyolojik sonuçları yorumlamak aşağıda kısaca değinilen nedenlerden dolayı zor olabilir;

- Uygun bir şekilde karşılaştırılan kontrol grupları tanımlamak zordur. Çünkü çalışılan grubun (iş bölgesi veya yerleşim alanı) maruz kalmasına yol açan faktörler genellikle sağlık durumunu etkileyecek diğer faktörlerle de (yaşam tarzı veya sosyoekonomik durum) ilgili olmaktadır.
- Sağlık üzerinde şiddetli etkileri olan birbirleriyle ilişkili risk faktörlerinin (sigara içmek gibi) kontrolünü yapmak zordur.
- İnsan topluluklarında ölüm hariç çok az sayıda ki sağlık etkileri sistematik bir şekilde kaydedilebilir ve hatta ölüm sebebi hakkında bile yeterli bilgi çoğu zaman sınırlı kalmaktadır.
- Tehlikeli maddelere maruz kalmak özellikle geçmişte yer almışsa, maruz kalma derecesi hakkında yeterli bilgi nadiren sağlanabilir. Bu sebeple doz-tepki ilişkisini saptamak çoğunlukla imkansız olmaktadır.
- Geliştirilmesi çok uzun zaman alan hastalık araştırmaları yapılırken, örneğin kanser ele alındığında, epidemiyolojik etkiyi yokluğunu saptamak için uzun seneler beklemek zorunda kalabilir. Öyle ki, bu uzayan zaman periyodunda şüpheli bulunan kimyasal maddeye maruz kalma durumu devam edebilir ve bu da riskin zamanla artmasına sebep olur.
- Epidemiyolojik çalışmaların istatistiksel olarak saptama gücü çok geniş toplulukların kullanmasına bağlıdır.

İçme sularında tespit edilen kimyasal kirleticilerin, epidemiyolojik çalışmalarla ilgili risk değerlendirilmesinde genellikle Al, As, Pb, NO₃, F, dezenfeksiyon yan ürünleri (DBPs), pestisitler, radon ve sülfatlar göz önüne alınmaktadır. İnorganik ve organik formlaki bu grupların kaynakları, noktasal ve yaygın kaynak olabildiği gibi jeolojik forasyonlardan sızma ile de yeraltı sularına geçmektedir. ABD'de 75 adet tespit edilen kimyasal madde, içme sularında sağlık etkileri açısından rapor edilmiştir. Kanser etkisinin daha güncel olması nedeniyle spesifik kimyasallara suda maruz kalınmasının kanser nedeni araştırmaları daha çok tekrarlanmaktadır. Tablo 4.1'de epidemiyolojik çalışmaların sonucu olan içme suyu kirleticilerinin sağlık etkileri örneklendirilmiştir [24].

Tablo 4.1 İçme suyu kirleticilerinin epidemiyolojik çalışmalar sonucu rapor edilen sağlık etkileri

Ki myasal	Kanser	Doğum ve gelişmeye olan etkileri	Nörolojik	Diğer etkiler
Al ü m nyum		Çocuk düşürme		
Arsenik	Deri, iç organ		Alzhaymer	Kardi ovaskul ar, der mat ol ojik
DBP	Kalın bağırsak, löse mi	Çocuk düşürme, Düşük doğum ağırlığı		
Fl orür	Ke mi k			
Kurşun	İç organ		Zi hi nsel bozukluk	Böbrek
Nitrat	İç organ	Çocuk düşürme		
Pestisit	Löse mi	Düşük doğum ağırlığı		
Radon	Akci ğer			
Sül fat				İshal

4.3 Doz-tepki Değerlendirmesi

Risk değerlendirmeindeki diğer bir adı m olan doz-tepki değerlendirme maruz kalınan kimyasal madde miktarı ve toksik hastalık veya hasarların boyutu arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Bir başka deyişle, bu değerlendirme zehirlilik bilgilerinin sayısal olarak değerlendirilmesi ve maruz kalan popülasyon üzerinde oluşabilecek istenmeyen sağlık etkileri ile maruz kalan kirletici dozunun arasındaki ilişkinin belirlenmesine dayanan bir prosestir. Sayısal olarak elde edilen doz-tepki ilişkisi den yararlanılarak risk karakterizasyonu adı mında kullanılacak olan değişik maruz kalma seviyelerinde ortaya çıkabilecek istenmeyen sağlık etkilerinin yaratacağı zararın tahmini ni sağlayacak zehirlilik değerleri türetilir [22]. Epidemiyolojik çalışmalar iyi bir şekilde yürütülse bile insanların maruz kalma durumlarındaki güvenilir nicel datalar nadiren elde edilebilmektedir. Bu sebeple, çoğu durumda doz-tepki ilişkileri hayvanlar üzerine yapılan çalışmalardan tahmin edilmektedir. Ancak bu durumda 3 cü ddi problemtürüyle karşı karşıya kalınmaktadır. Bunlar;

- Hayvanlar genellikle yüksek dozlara maruz kaldıklarından dolayı düşük dozlarda meydana gelen etkiler doz-tepki ilişkilerindeki teorileri kullanarak tahmin edilebilir.
- Hayvanlar ve insanlar genellikle çevrelerinden etkilenme yönünden farklılık göstermektedirler (farklılıklar sadece büyüklük ve metabolizma yönünden ise).
- İnsan popülasyonları genellikle heterojen olduğundan dolayı bazı bireyler ortalamaya nazaran çevreden daha kolay etkilenmeye müsaittirler.

Toksikolojistler genellikle düşük dozlardaki doz-tepki ilişkilerinin biçiminde iki genel varsayımı yürütmektedirler. Bunlardan biri genetik maddenin değişikliğine sebep olan etkileri içindup diğeri çoğunlukla biyolojik etkiler içindir.

Kanserojen özellik göstermeyen maddeler veya kanserojen maddelerin kanserojen olmayan etkileri için, doz-tepki değerlendirmesi doz-tepki ilişkilerini ve deneysel olarak elde edilen ters etkiye neden olmayan en yüksek maruz kalma dozunu tanımlamaya dayanmaktadır. Kanserojenler maddeler için, doz-tepki eğrilerini oluşturmak üzere çeşitli modeller uygulanmaktadır. İnsan tarafından alınan dozun bilinmesi veya tahmin edilmesinden sonra kanserojen risk karakterize edilebilmektedir[21].

Ne yazık ki, çok az sayıda kimyasal madde için içme sularında doz-tepki ilişkisi oluşturulabilmiştir. Bazı modeller ve kestirimler, düşük dozdan yüksek doza ve hayvanlardan insanlara kadar doz-tepki verilerini risk değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir. Risk yönetimi için daha fazla doz-tepki verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü karar vericiler, daha iyi bir risk değerlendirilmesi ile risk yönetimine ulaşırlar ve risk yönetimi risk ile fayda arasındaki dengeyi kurmak zorundadır[5].

4.4 Maruz Kalma Değerlendirmesi

İnsanın tehlikeli maddeye maruz kalmasının değerlendirilmesi, maruz kalan kişi sayısının ve maruz kalma süresi, şiddeti ve sürekliliğintahmini gerektirmektedir. Değerlendirme geçmiş, şimdiki ve gelecekte olması beklenen maruz kalmaları içermelidir. Bazı durumlarda, gerek etkilenen çevredeki tehlikeli maddelerin seviyelerini ölçerek gerekse kişisel gözlemsistemlerini kullanarak insanın maruz

kalınmasını direkt ölçmek herhangi bir gizliliğe sebep vermeyecek kadar adil olmak durumundadır. Çoğu vakalarda, insanın kimyasala maruz kalmasını kontrol eden faktörler için gerekli detaylı bilgiler, aynı zamanda bu kimyasalın çevreye bırakıldıktan sonraki davranışını saptayan faktörleri de içermektedir. Bu tip bir maruz kalma değerlendirmesi için gerekli olan bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

- Tehlikeli maddenin oluşumu ve bu maddenin çevreye bırakılmasını kontrol eden faktörler
- Çevrede serbest kalan tehlikeli maddenin miktarı ve nerede ve ne kadar süre serbest kaldığı
- Tehlikeli maddenin çevreye bırakıldıktan sonraki hareketini, dayanıklılığını ve bozunmasını bir başka deyişle çevredeki akıbetini kontrol eden faktörler
- Tehlikeli maddeyle maruz kalıp etkilenen insan popülasyonunun büyüklüğü ve dağılımı ve teması kolaylaştıran veya önleyen aktiviteler
- İnsanların maruz kalma türleri hakkında bilgiler

Maruz kalma değerlendirmesi hakkında sağlanan bilgilerin çokluğu meydana gelen olaydan olaya büyük ölçüde değişiklik göstermektedir. Belirli tehlikeli maddeler için çevreye bırakılma kaynakları ve bırakılan miktarların kontrolünü sağlayan faktörler hakkında ayrıntılı ve doğru bilgi her ne kadar sağlanabilmekteyse de çoğu tehlikeli madde için de çevreye bırakıldıktan sonraki dispersiyonu ve akıbeti hakkında çok az bilgi elde edilebilmektedir. Bu maddelerin çevredeki taşınım ve bozunmalarının ölçümelerini yürütmek çoğu zaman zor olduğu için belirli şartlar altında yürütülen deneysel çalışmalardan yararlanarak sağlanabilen fiziksel ve kimyasal proseslerin esas alındığı matematiksel modellere güvenmek daha doğru olmaktadır[21].

İçme suları ile tehlikeli maddeye maruz kalma, yüzeysel sular ve yeraltı sularından suyun üretilmesi, dağıtılması, kullanılması ve uzaklaştırılması sırasında gerçekleşmektedir. Çoğu durumlarda, bölgesel olarak ortaya çıkan gerek epidemiolojik gerekse sağlık sorunlarında içme suyunun kaynağında değerlendirme yapılmaktadır. Noktasal deşarjların, kirlenmenin ana kaynağı olduğu kadar işletme teknikleri ve kontrol yöntemlerinin eksikliği de önemli rol oynamaktadır. Bunun yanında içme sularının farklı kaynaklarına bağlı olarak kirlenme maddenin farklı miktarları, su arıtım prosesleri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtımlar ve su dağıtım şebekesine elinizle

ilave edilen kirleticinin miktarı değerlendirilmeye alınmalıdır. Risk değerlendirme amacı içinde maruz kalmayı anlamak için, suyun tüketim şekli bilinmelidir. Bu zaman, mekan ve etnik faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Peru'daki bir örnek, ciddi ters etkilere neden olan klorlama yan ürünleri nedeniyle su arıtımına kısıtlamalar getirildiğini göstermektedir. Bu örnekte, mikrobiyal kirlenme ile suyun klorlanmasıyla maruz kalma riskleri yani rölatif risk kararı yanlış uygulanmıştır [25].

Risk değerlendirmesi çerçevesinde içme suyundaki bir maddeye maruz kalmanın riski, göreceli olarak insanların toplamı içindir. Çünkü, o madde doğrudan ağız yoluyla bünyeye alınmaktadır. Öe yandan, uçucu organik bileşikler için maruz kalma şeklinin özellikle yalnız ağız yoluyla değil, solunum ve deri temasıyla olabileceği de değerlendirilmelidir[26].

AB standartları ve yönergeleri, genellikle WHO'nunkileri takip etmekte olup içme suyu direktiflerinde yaklaşık 62 parametre ve 35 kontrol parametresi verilmiştir. Bunlardan hangilerinin insan sağlığını temel alan parametre olduğu bilinmemesi ne karşın, tüm standartların maruz kalma şekliyle ilişkilendirildiği aşıkardır. Bu nedenle, içme suyu kirleticilerinin uygun risk değerlendirmesinde verilen bir su sistemi için her bir kirleticie göre izlenmesi çok önemlidir. Su kalitesinin kalitatif veya kantitatif değerlendirme yaklaşım, benzer etkin kimyasalların ve miktarlarının geliştirilmesini izleme ile ortaya koymalıdır ve maruz kalma yolu bilindiği takdirde çok zor olmasına rağmen, enzim sistemleri ve diğer biyolojik izleme parametrelerinin ölçülmesi gerekmektedir[5].

4.5 Risk Karakterizasyonu

Risk değerlendirmesindeki en son adı m insanların tehlikeli maddeye maruz kalarak herhangi bir zehirlilik türünün meydana gelme olasılığını saptamaya yönelik olarak daha önceki adımlarda bir araya getirilen bilgiler ve yapılan analizlerin birleştirilmesiyle sağlanan risk karakterizasyonudur. Bir başka deyişle, risk karakterizasyonu riskin elde edilen nicel ve nitel ifadelerinin, zehirlilik ve maruz kalma değerlendirme sonuçlarıyla entegrasyonunu sağlamaya yarayan bir prosestir. Kanserojen olmayan potansiyel etkileri karakterize etmek için bireysel maddeye maruz kalma yolları ve zehirlilik değerleri kıyaslanır. Kanserojen olan potansiyel etkilerin karakterizasyonunda ise bireysel maddenin maruz kalma süresince meydana

getireceği olasılıklar maruz kalma yolu ve kimyasala özgü doz-tepki bilgilerinden yararlanarak tahminler yürütülür. Risk karakterizasyonu, risk değerlendirme ve risk yönetimi arasında köprü görevini üstlenmekte ve dolayısıyla nihai karar verme aşamasında anahtar rolü oynamaktadır.

Risk karakterizasyonunda ilk olarak, maruz kalma ve zehirlilik değerlendirmelerinin sonuçları bir araya getirilir, değerlendirilir, kıyaslanır ve organize edilir. Tehlikeli maddeye ne yolla maruz kalındığı, bu maddenin ne amaçla kullanıldığı, zehirlilik değerleri ve kanserojen olup olmadığı bir arada değerlendirilir. İkinci adı misedir riskin nümerik olarak ifadesidir. Riski sayısallaştırılırken öncelikle bireysel maddelerin kanserojen ve kanserojen olmayan etkileri için risk değerleri hesaplanmalıdır. Kanserijen olmayan maddeler ve kanserojen maddelerin kanserojen olmayan etkileri için maruz kalma sınırı, deneysel olarak saptanan maruz kalma seviyesini (mg kimyasal/kg vücut ağırlığı-gün) tahmin edilen maruz kalma dozuna bölerek elde edilir. Maruz kalma dozu, insan populasyonları için bir günde kg vücut ağırlığı başına mg cinsinden alınan kimyasal miktarı olarak ifade edilir. Kanserijen maddeler için risk, potansiyel kanserojen maddeye maruz kalma sonucu olarak yaşam süresi boyunca kanser yapıcı etkiye sahip bireysel maddenin artan olasılık değeri olarak tahmin edilir. Risk, eğilim faktörü ve kronik günlük alışı (kronik olarak vücuda günde alınan kimyasalın miktarı, mg/kg-gün) değerlerinin çarpımıdır. Eğilim faktörü, yaşam süresi boyunca vücuda alınan kimyasalın birim başına tepkisinin makul seviyelerde tahmin edilen olasılığıdır. Eğilim faktörü, potansiyel kanserojen olan maddeye belirli bir seviyede maruz kalma sonucu bireysel maddenin kanser gelişimine etkisinin üst sınır olasılığını tahmin etmek için kullanılır ve birimi $(\text{mg/kg-gün})^{-1}$ dir.

Sonraki adımlar birden fazla tehlikeli maddeye maruz kalma durumunda meydana gelecek kanserojen ve kanserojen olmayan etkileri hesaplamaktır. Tehlikeli maddeler bölümünde anlatıldığı üzere bir tehlikeli maddenin başka madde veya maddeler ile yaratacağı etki tek başına yaratacağı etkidenden daha yüksek veya daha düşük olabilir.

Risk değerleri sayısal olarak elde edildikten sonra bu değerler maruz kalma yollarına göre birleştirilir. Kanserijen maddeler için bireysel maddeye her bir maruz kalma yolunun oluşturduğu riskleri toplam, toplam maruz kalma kanser riskini ifade eder. Kanserijen olmayan maddelerin potansiyel etkilerini değerlendirmek için ise maruz kalma sürelerine göre (kronik, ikincil kronik veya kısa süreli) toplam zarar

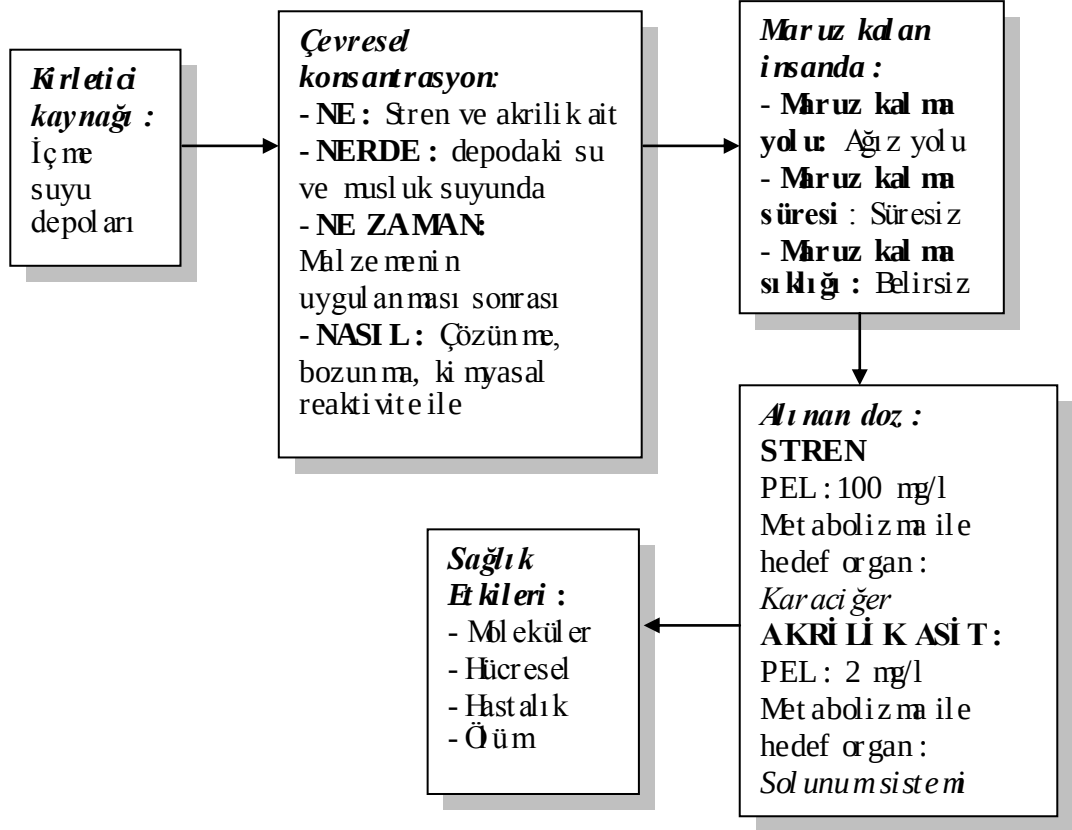
endeksleri ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Örneğin kısa süreli zarar endeksinin hesaplanması için her bir maruz kalma yoluna göre elde edilen riskler toplanmalıdır.

Bir sonraki adımda belirsizliklerin değerlendirilip tanımlanmasıdır. Veri yetersizliği ve riskin hesaplanmaması gibi nedenlerle riskin sayısal değerinin hesaplanmasına dahil edilmeyen tehlikeli maddeler ve değerlendirilmeyen alınmayan maruz kalma yolları listelenir. Bu listeler, fiziksel çevrede meydana gelen belirsizlikleri değerlendirmek ve tanımlamak amacıyla yapılır. Bir diğer listede türü de zehirlilikle ilgili belirsizliklerin tanımlanmasına yönelik yapılır. Risk toplanmaları ve bazı maddeler için tanımlanan zarar endekslerindeki belirsizlikler risk karakterizasyonunda endişe yaratmaktadır. Birden çok tehlikeli maddeye maruz kalma durumunda oluşan etkilerin sinerjistik ve anti-gonistik olup olmadığı, insanlar ve hayvanlar için mevcut zehirlilik değerleri, risk hesaplamaları, olası sağlık etkileri listelenip belirsiz parametre değerleri karakterize etme yoluna gidilmelidir.

Bu adımdan sonra elde edilen veri sonuçlarına göre riskin karakterizasyonu yapılır ve risk değerlendirme aşamasına geçilmiş olur. Risk değerlendirme yapan kişiler, riskin türü ve büyüklüğü üzerinde sonuçları ve risk tahminlerini etkileyen başlıca belirsizlikleri geliştirmekle sorumludurlar. Risk değerlendirme kapsamında hem nitel hem de nicel olan kanser riskleri veya kanserojen olmayan zararlar özetlenmeli ve bunlar mevcut varsayım ve belirsizlikleri de dikkate alarak iyileştirme yoluna gidilmelidir [22].

4.6 Çalışmaya Esas Olan Risk Değerlendirme Yaklaşımı

Bu çalışmada, içme suyuna olası kontaminasyon ile sağlık riski değerlendirilecek olan bir izolasyon malzemesinin ve onun bireysel organik madde içeriklerinin (stren ve akrilik asit) analizi ile standartlarla karşılaştırılması risk yaklaşımı yapılmıştır. Şekil 4.1’de bu yaklaşımın ana hatları verilmiştir.



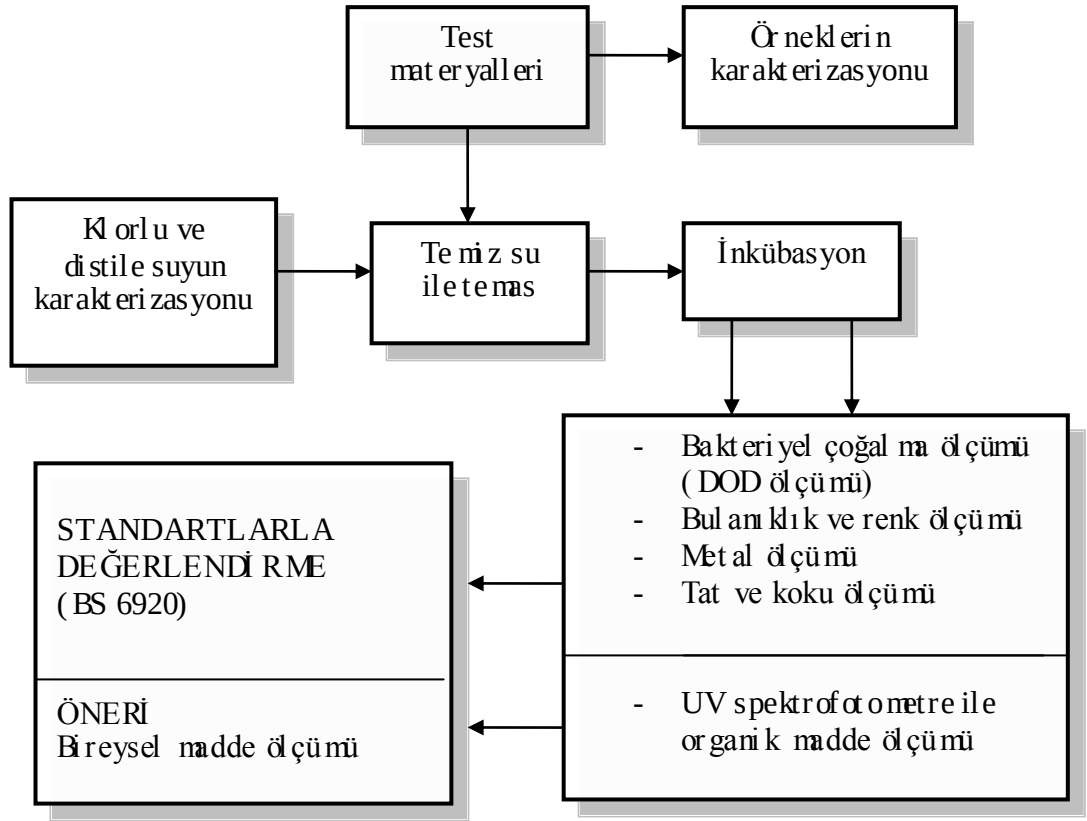
Şekil 4.1. Stren ve akrilik asit maddelerinin içme suyu için çevresel sağlık paradigması

Şekil 4.1’de verilen yaklaşıma, yapılan bir risk değerlendirmesinde deneysel çalışmaya esas olan malzemenin emisyon kaynağı olarak içme suyu depolarında kullanılan bir izolasyon malzemesinin içindeki stren ve akrilik asit olduğu, çevresel konsantrasyonlarının depo içinde ve musluk suyunda çözünme, bozunma ve kimyasal aktiviteyle gerçekleştiği, maruz kalma şeklinin insan sağlığı için ağız yoluyla bir günde tüketilen içme suyunun miktarıyla oluşabileceği, vücuda alınan stren ve akrilik asit dozlarının metabolizma içinde absorpsiyon ile hedef organ olarak sırasıyla karaciğer ve solunum organlarını seçebileceği ve bunun sağlık etkilerinin sonuçları itibarıyla moleküler, hücresel, hastalık yaratıcı ve hatta ölümlerle sonuçlanabilecek istenmeyen etkilerin meydana geleceğini esas alan bir paradigması düzenlenmiştir. Burada varsayım olarak, malzeme içindeki stren-akrilat ko-poli merinin çözünme yoluyla suya geçmesi halinde polimeri oluşturan bireysel maddeler olan stren ve akrilik asit maddelerinin insan sağlığına olan etkilerinden yola çıkarak ko-poli merinin risk değerlendirmesi ele alınmıştır. Bu değerlendirme mekanizması içinde deneysel yöntemle araştırılan ve ulaşılan sonuçların sorgulanması yapılmaktadır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Deneysel Çalışma Planı

İçme suyu dağıtımında ve depolanmasında kullanılan yapı malzemelerinin temas ettikleri sularda, kontaminasyonu halinde insan ve çevre sağlığı açısından tehlikeli olabilecek mikrokirletici oluşturma özelliğini değerlendirmek ve risk yönetimi yapmak için esas teşkil edecek deneysel bir çalışma planlanmıştır. İçme suyu amaçlı kullanılan suyla temas halinde insan sağlığı açısından risk teşkil edebilecek bu malzeme, su depolarında kullanılan polimer katkılı izolasyon malzemesidir. İzolasyon malzemesi, stiren-akrilat ko-polimeri ve çiment o karışımından meydana gelmekte olup, tehlikeli madde olarak risk değerlendirme yapılacak malzeme bileşeni stiren-akrilat ko-polimeridir. Bu yaklaşımla içme suyuyla temas halinde kullanılabilirliğini değerlendirmek için stiren-akrilat kopolimeri ve çimentonun farklı oranlarda karıştırıldığı iki ayrı izolasyon malzemesi seçilmiştir. İzolasyon malzemeleri sürülüş ve 28 gün beklenmiş plakalarını içme suyu ile temasında suyun kalitesinde herhangi bir değişiklik meydana getirip getirmediğini tespit etmek ve olası bir kontaminasyon halinde mikrokirletici ve tehlikeli madde esaslı bir risk değerlendirme yapmak için bir takım testler yapılmıştır. Bu testler sırasıyla su mikrobiyolojik organizmaların çoğalması, metallerin ekstraksiyonu, koku, tat, bulanıklık ve renk testleri olup, BS 6920 standartlarına göre yürütülmüştür. Ayrıca BS 6920 standartlarının öngördüğü testlere ek olarak izolasyon malzemesinin kimyasal yapısında bulunan stiren akrilat kopolimerinin UV spektrofotometre ile ölçümü yapılmıştır. Deneysel çalışma planı Şekil 5.1’de şematik olarak açıklanmıştır.



Şekil 5.1 Deneysel çalışma planı

5.2 Kullanılan Materyaller ve Yöntemler

Uygulanan deneyler için gerekli olan materyaller ve deneylerde kullanılan ölçüm yöntemleri aşağıda verilmiştir.

5.2.1 Kullanılan Materyaller

5.2.1.1 Test materyalleri

İçme suyu ile temasta tehlikeli olma özelliği ve kullanım halinde suya olası kontaminasyonu değerlendirilene çalışılan iki ayrı izolasyon malzemesi incelenmiştir. Söz konusu ürünler, iki farklı bileşenin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Bu bileşenler stren-akrilat kopoli merinin sulu dispersiyonu ve çimento olup sırasıyla Komponent A ve Komponent B olarak adlandırılmaktadır. Test edilecek ürünlerden biri bu iki ayrı bileşenin belirli bir oranda ($A/B = 1/4$) karıştırılmasından oluşmaktadır. Diğerisi ise bu bileşenlerin $A/B = 1/2$ oranlarında karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Komponent A ve Komponent B'ye ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 5.1'de verilmiştir [27].

Tablo 5.1 Komponent A ve Komponent B'ye ait fiziksel ve kimyasal özellikler

Özellik	Komponent A	Komponent B
Kimyasal karakterizasyon	Stiren-akrilatın sulü dispersiyonu	Çiment o, katkı maddeleri ve agrega karışımı
Renk	Açık mavi (gri nsi)	Gri
Koku	Zayıf	Keskin
Form	Sıvı	Toz
Kaynama noktası (°C)	100	-
Yoğunluk, 20°C (gr/cm ³)	1,02	1300
Çözünürlük, suda 20°C	Çözünmez, suyla karışır	% 2
pH(20g/ H ₂ O), 20°C	7.0-8.5	12.5

Test için kullanılan materyaller, bu iki farklı ürünün yüzeylerine 1.2 mm kalınlıkta sürüldüğü beton plakalardır. Her bir materyal yüzey alanı 6400 mm² 'ye uygun olacak şekilde hazırlanmıştır. Test materyallerinin özellikleri Tablo 5.2'de belirtilmiştir.

Tablo 5.2 Test materyallerinin özellikleri

Uygulanan izolasyon malzemesinin özellikleri	Test Materyali I	Test Materyali II
Karışım oranı (A/B)	A/B = 1/2	A/B = 1/4
Yüzey alanı, mm ²	6400	6400
Uygulama kalınlığı, mm	1.2	1.2
Renk	Beyaz- gri	Gri

5.2.1.2 Test suyu (Klorlu su)

Test suyu olarak BS 6920 standardının öngördüğü şekilde musluktan temin edilen içme suyu esaslı klorlanmış su kullanılmıştır. Test suyunun Tablo 5.3'de verilen kalite kriterlerini sağlaması gerekmektedir[28].

Tablo 5.3 Test suyu için kalite kriterleri

Parametre	Birim	Minimum değer	Maksimum değer	Test suyu değeri
pH	-	5.5	9.0	7.2
Koliform(EMS)	her 100 ml	-	<1	<1
Bakıye klor	mg/l (Cl ₂)	-	0.2	0.2
Bakır	mg/l	-	0.05	0.002
Gümüş	mg/l	-	0.01	0.00
Çözünmüş Oksijen	mg/l	6.5	-	8.5

5.2.1.3 Aşı

Su mikroorganizmalarının çoğalması testinde aşı olarak kullanılmış olan su numunesi düz arazi de bulunan yüzeysel su kaynağından alınmıştır. Alınmış aşı suyu numunesinin aşağıdaki tabloda verilen kalite değerlerini sağlaması gerektiğinden bu suyun belirtilen parametrelere göre ölçümleri yapılmıştır. Koliform tayini için Membran Filtrasyon Metodu kullanılmıştır[29].

Tablo 5.4 Aşı suyu için kalite kriterleri

Parametre	Birim	Minimum değer	Maksimum değer	Aşı suyu değeri
pH	-	5.5	9.0	8.2
Bakır	mg/l	-	0.05	-
Koliform(EMS)	her 100 ml	10	-	100/100

Kullanılacak aşı hacmi, test için kullanılacak materyalin yüzey alanına göre farklılık göstermektedir. Tablo 5.5 'de materyal yüzey alanına(A) göre kullanılması gereken aşı hacimleri belirtilmiştir[28]. Buna göre 50 ml hacminde aşı kullanılmıştır.

Tablo 5.5 Aşı hacimleri

Test materyali yüzey alanı, mm ²	Aşı hacmi, ml
5500 ≤ A < 9500	50
9500 ≤ A < 13000	75
13000 ≤ A < 19000	100
19000 ≤ A < 26000	150

5.2.1.4 Test kapları

Test materyalinin yüzey alanına göre, belirtilen standart değerlere uygun hacimde test kapları kullanılmıştır. Buna göre test materyalinin yüzey alanına(A) göre kullanılması gereken test kabı hacimleri Tablo 5.6'da belirtilmiştir[28]. Test materyallerinin yüzey alanlarının 6400 mm² olması sebebiyle 500 ml hacminde hava geçirilecek özellikte kapaklara sahip camkavanozlar kullanılmıştır

Tablo 5.6 Test kaplarının hacimleri

Test materyali yüzey alanı, mm ²	Test kabı hacmi, ml
5500 ≤ A < 9500	500
9500 ≤ A < 13000	750
13000 ≤ A < 19000	1000
19000 ≤ A < 26000	1500

5.2.2 Ölçüm Yöntemleri

5.2.2.1 Organik madde ölçümü

Test materyalinin içerdiği stiren akrilat kopolimeri için Perkin-Elmer Lambda-2 Model UV spektrofotometre kullanılmıştır. Bu ölçümde, 250-300 nm dalga boyunda örneğin absorpsiyon değerlerine karşı spektrofotometrik bir ölçüm söz konusudur. Adı geçen kopolimerin bu dalga boyunda toulen eşdeğeri olarak spektral analizi gerçekleştirilmiştir.

5.2.2.2 Metal ölçümü

İnkübasyon sonrası Fe ve Mn metal ölçümleri için UNICAM marka Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre kullanılmış ve AAS standart yöntemi uygulanmıştır. Al metal ölçümü için Erichrome Cyanine R yöntemi kullanılmıştır[29].

5.2.2.3 Bulanıklık ölçümü

Bulanıklık ölçümü için Hach Marka Model 2100 A Türbidi metre kullanılmıştır. Nefelometrik Bulanıklık Birimi (NTU) yöntemi seçilmiştir ve NTU biriminden bulanıklık değerleri ifade edilmiştir.

5.2.2.4 Renk Ölçümü

Renk ölçümü için Hach marka cihaz kullanılmıştır. İçme sularının renk ölçümünde genellikle görsel kıyaslama yöntemi kullanıldığı için bu yöntem kullanılmış ve renk birimi Pt. Co cinsinden ifade edilmiştir.

5.2.2.5 Koku ve tat ölçümü

Örneklerde koku ve tat ölçümü için standart yöntem olarak eşik değer koku ve tat testi uygulanmıştır.

5.2.2.6 Çözünmüş oksijen ölçümü

Çözünmüş oksijen ölçümü için Winkler Azid Modifikasyonu standart yöntemi kullanılmıştır ve standart yöntemin gereği olan sıcaklık düzeltmeleri yapılmıştır.

5.3 Uygulanan Testler

Tüm deney serisi içerisindeki testlere ait deneysel uygulama şekli ayrıntılı olarak aşağıda verilmiştir. Yapılacak tüm deneyler, test materyallerinin belirli periyotlarda

ve belirtilen sıcaklıklarda gerçekleşecek inkübasyon sürelerinde suyla temasının sağlanması prensibini esas almaktadır. Deney prosedürleri çerçevesinde kurulan test düzeneği Şekil 5.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.2 Test düzeneğinin genel görünüşü

5.3.1 Su Mikroorganizmalarının Çoğalması Testi

Bu testin amacı, içine suyu amaçlı kullanılan suyla temas eden bir ürünün sudaki aerobik mikroorganizmaların çoğalmasını destekleyip desteklemediğini belirlemektir.

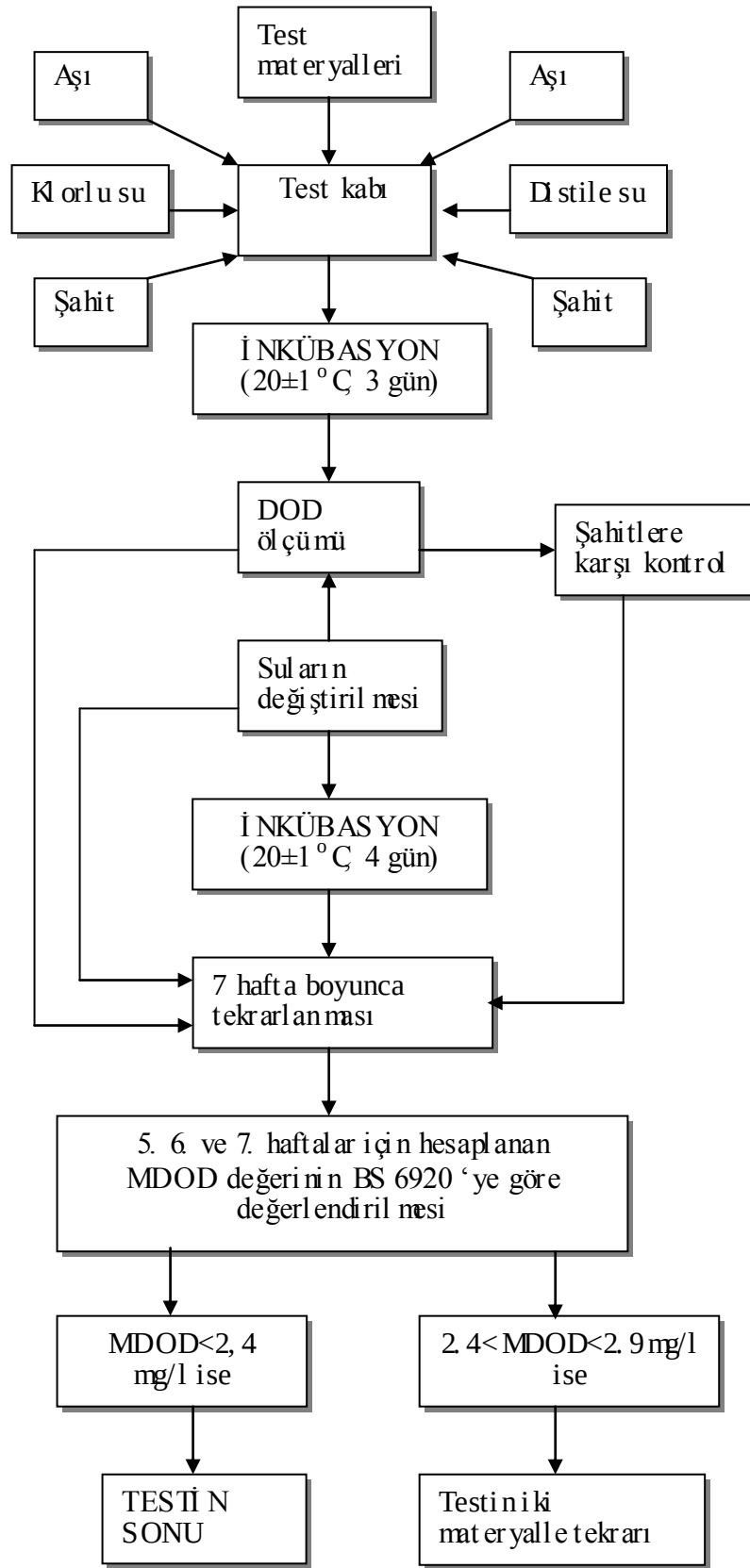
Materyallerle temas halinde olacak klorlu su ve distile su, içinde mikroorganizma bulunduracak nitelikteki bir başka yüzeysel su numunesi ile aşılır. Bu mikrobiyal popülasyonun çoğalması veya diğer aktiviteleri, test sistemi ve şahit amaçlı kullanılan sistemde, çözünmüş oksijen azalmasının ölçümüyle dolaylı yoldan saptanmaya çalışılır. Distile suyun test materyallerle temasını sağlayan test seti, klorlu suyla oluşturulan test setine şahit amaçlı kullanılır.

Mikroorganizmaların çoğalması testinde değerlendirilme esas alınacak parametre çözünmüş oksijendir. Test, temiz su ile temasta kullanılan polimer katkılı izolasyon malzemelerinden suya organik maddenin kontamine olup olmadığını çözünmüş oksijen azalmasıyla değerlendirilme almaktadır. Suyu olası bir organik madde geçişi durumunda aerobik mikroorganizmalar bu organik maddeyi substrat olarak kullanarak oksijeni tüketecekler ve böylece mikrobiyal çoğalma meydana gelecektir.

Test süreci 7 hafta olup değerlendirme ye esas alınacak değ er, 5., 6. ve 7. haftalara ait ç özünmüş oksijen farklarının ortalama sıdır. Elde edilen bu değ er, iç me suyu ile temas eden bir izolasyon malzemesinden suya herhangi bir organik madde geç ip geçmediğini saptama imkanı sağlayacaktır. Bu malzemenin iç me suyuyla temas halinde insan sağ lı ğ ı açısından bir potansiyel tehlike oluşturma sı için ortalama ç özünmüş oksijen farkının en fazla 2,4 mg/l olma sı istenmektedir. Bu değ erden daha yüksek değ erler elde edilmesi, bu malzemenin temiz su ile teması halinde suya tehlikeli olabilecek bir mikrokirlenici kontaminasyonunu oluşt uracağını ve kullanı mının uygun ol mayacağını ifade edecektir. Hesaplanan MDOD değ eri 2,4 mg/l ve 2,9 mg/l arasında kalırsa, malzemenin iki numune hazırlanarak test yeniden başlatılır[28].

Testin uygulanışı : Teste başlanımdan önce, test materyalleri 10 dakika süreyle test suyu içinde bekletilmiş ve daha sonra 2-3 dakika süreyi aş mayacak şekilde akışkan haldeki test suyuyla yıkanmıştır.

Değerlendirilmesi yapılacak iki ayrı materyal test kaplarına yerleştirilmiştir. Test kaplarına, materyalin yüzey alanına göre standardın öngördüğü 50 ml hacmindeki aş ıdan konulup, kaptaki suyun toplam hacmi test suyu ilavesiyle 500 ml'ye tamamlanmıştır. Aynı işlemler, şahit amaçlı kullanmak üzere distile suyla oluşt urulan test seti için de tekrarlanmıştır. Aş ı sadece, test serisi için hazırlanan ilk setlerde kullanılmıştır. İçlerinde test materyallerinin suyla temasını sağlayan test kapları 20° C sıcaklı ğ a ayarlanmış inkübatöre yerleştirilmiştir. İnkübasyon periyodu sonrası her bir test kabı içerisindeki sular yenilenmiş, kaplardan ekstrakte edilen ve yenilenen suların ç özünmüş oksijen değ erleri Winkler Azid Modifikasyonu metodu kullanılarak ölçülmüştür[29]. Bir haftadaki inkübasyon süresi, sırasıyla 3 gün ve 4 gün olacak şekilde hazırlanmış, bu işlemler 7 hafta süresince tekrarlanmıştır. Değerlendirme ye esas alınacak ç özünmüş oksijen farkları 4. günlük inkübasyon periyodu sonrası ölçülen değ erlerden hesaplanmıştır. Bakteriyel ço ğ alma testi Şekil 5.3'te şematik olarak açıklanmıştır. Şekil 5.3'te, DOD ile ç özünmüş oksijen farkı (dissolved oxygen difference), MDOD ile ortalama ç özünmüş oksijen farkı (mean dissolved oxygen difference) ifade edilmiştir.



Şekil 5.3 Su mikroorganizmalarının çoğalması test düzeni

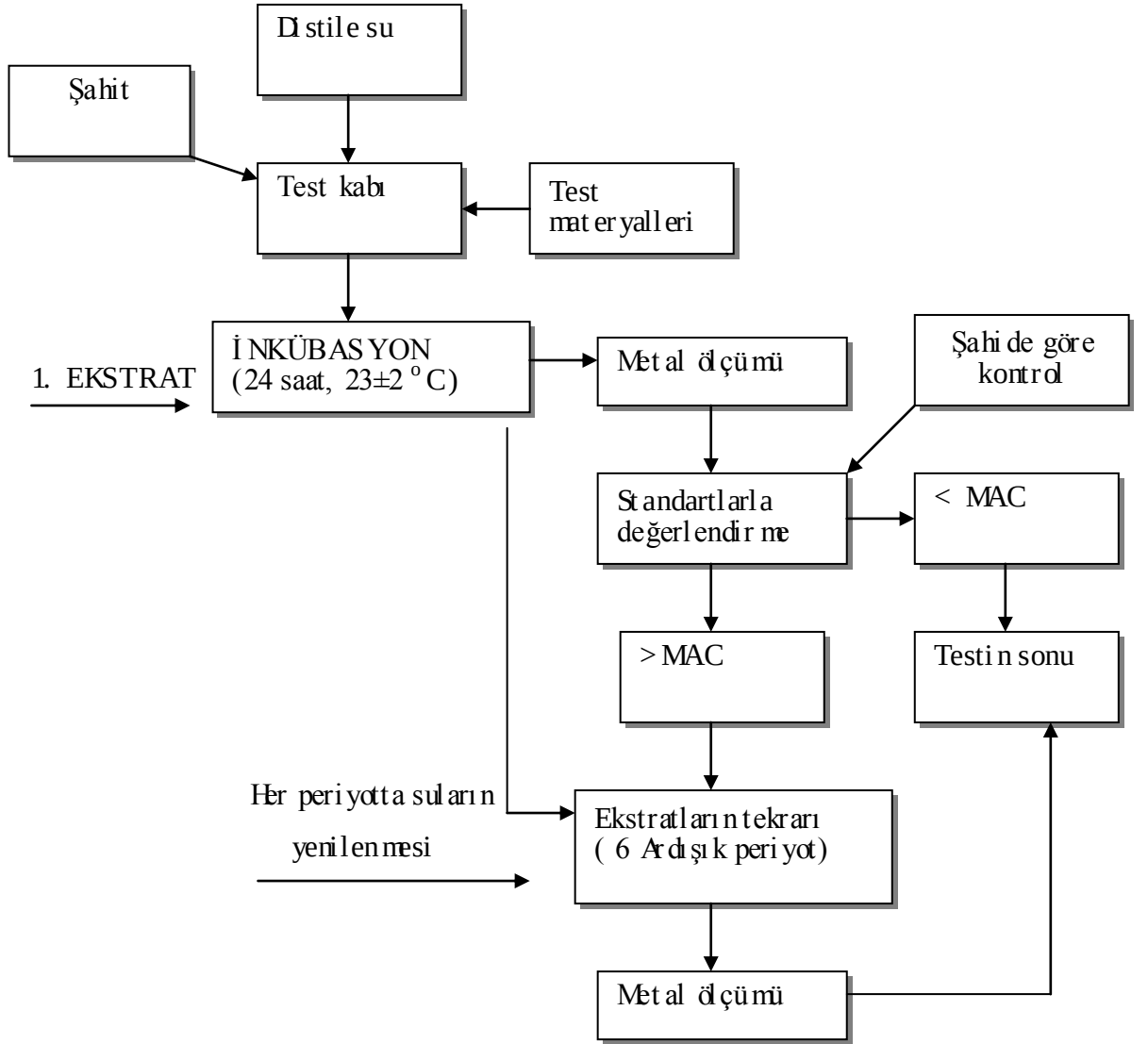
5.3.2 Metallerin Ekstraksiyonu Testi

Bu testin amacı, temiz su ile temas bulunan bir izolasyon malzemesinden kimyasal bileşimi itibarıyla suya herhangi bir metal bulaşıp bulaşmadığının değerlendirilmesidir. Çimento esaslı malzemeler, çimentonun kimyasal bileşimi, tabiatı ve kür şartlarına da bağlı olarak suda bir takım problemlere neden olabilirler. Bu durumlara bağlı olarak bu tip malzemelerin suyla temasında kontamine olabilecek metaller sırasıyla Al, Fe ve Mn'dir [28].

Test materyallerinin 24 saat boyunca suyla temas edeceği test kapları, sıcaklığı 23 °C'ye ayarlanmış inkübatöre yerleştirilir ve materyallerle temas eden sular ilk ekstratlar olarak adlandırılır. İlk ekstraksiyon periyodundan sonra yapılacak metal ölçümlerine göre gerekli görülürse her seferinde suyun yenilenmesine dikkat edilecek şekilde materyallerin 6 ardışık ekstraksiyon periyodu için suyla teması devam ettirilir. Bu öngörülen ardışık altı ekstraksiyon periyodunda bir periyodun 72 saat, sonuncu periyodun 24 saat olacak şekilde sürmesine dikkat edilmelidir. Test suyu olarak kullanılacak suyun kompozisyonu metallerin ekstraksiyonu testinin uygulanmasında ve geliştirilmesinde önemli aşamadır. İçme suyu amaçlı kullanılan suların karakteri ve kompozisyonu bölge ve mevsim şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Suyla temas halinde olan herhangi bir malzemenin suya metal geçişinde, belirli bir karakterizasyona sahip olan suyun, distile veya deiyonize suya göre daha etkili olduğu keskinleşmiştir. Bu sebeple testte kullanılacak olan temiz su distile su olacaktır [28].

Testin uygulanışı: Üzerindeki toz ve partikül maddeleri arındıracak şekilde musluk suyu altında yaklaşık 20 dakika boyunca yıkanan test materyalleri test kaplarına yerleştirilmiştir. Her birine 500 ml distile su ilave edilmiş test kaplarının ağzları sıkıca kapatılmış ve 24 saatlik bir periyot için 23 °C'deki inkübatöre yerleştirilmiştir. İçinde 500 ml distile su bulunduran test kabı ise şahit amaçlı kullanılmıştır. 1. günün sonunda her bir materyalin bulunduğu kaplar inkübatörden çıkartılmış ve ekstrakte edilen sulara metal konsantrasyonlarını ölçmek üzere 1 ml nitrik asit ilave edilmiştir. Mn ve Fe ölçümleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik standart yöntemiyle yapılmıştır. 279.5 nm dalga boyunda hava asetilen alevinde sırasıyla hazırlanan 0.3, 1 ve 5 mg/l'lik standart çözeltilerin okumaları yapıldıktan sonra ekstratların Mn konsantrasyonları ölçülmüştür. Fe ölçümü için 248.3 nm dalga boyunda hava asetilen alevinde sırasıyla hazırlanan 1, 5 ve 10 mg/l'lik standart çözeltilerin okumaları

yapılmış ve ekstratların Fe konsantrasyonları ölçülmüştür. Al, klorometrik metotla 535 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometre ile ölçülmüştür. Ölçülen metal konsantrasyonları izin verilen değerlerin altında olduğundan ilave ekstratlar hazırlanmış, ilk ekstratlar son ekstratlar olarak kabul edilmiştir. Test düzeni Şekil 5.4’de şematik olarak verilmiştir. Şekil 5.4’de kullanılan MAC terimi, izin verilen maksimum konsantrasyonu (maximum allowable concentration) ifade etmektedir.



Şekil 5.4 Metallerin ekstraksiyonu test düzeni

5.3.3 Renk ve Bulanıklık Testi

Renk ve bulanıklık testinin amacı, temiz su ile temas halinde olan materyalin suya herhangi bir renk veya bulanıklık verip vermeyeceğinin saptanmasıdır. Bulanıklık ve renk içme sularında estetik açıdan uygunluğu değerlendirilmesi gereken önemli parametreler olarak düşünülmektedir.

Test materyallerinin 24 saat boyunca suyla temasının sağlandığı inkübasyon süresinden sonra suların renk ve bulanıklık ölçümleri yapılır. Suda dikkate alınacak şekilde renk ve bulanıklık ölçülürse, aynı test materyalleri altı ardışık ekstraksiyon periyodu için suyla temasları devam ettirilir. Ekstraksiyon periyotlarından birinin 72 saat ve sonuncusunun 24 saat sürmesine, her ekstraksiyon periyodunda yeni su kullanıma dikkat edilmesi gerekir. Son ekstraksiyon periyodundan sonra suda standardın öngördüğü değerlerden fazla bulanıklık ve renk ölçülürse, testi iki ilave materyal kullanarak aynı prensiple yeniden başlatılır [28].

Testin uygulaması : Teste başlamadan önce testte kullanılacak olan distile ve klorlu suyun bulanıklık ve renk ölçümleri yapılmıştır. Test suyuyla 10 dakika kadar çalkalanıp temizlenen materyaller test kaplarına yerleştirildikten sonra her bir test materyalinin her klorlu her distile suyla ayrı ayrı temas etmesini sağlayacak şekilde gerekli hacim ve karakterdeki sular test kaplarına ilave edilmiştir. Klorlu su ve distile suyla temas edecek test materyallerinin oluşturduğu her bir test grubu için şahitler hazırlanmıştır. Test kapları 24 saatlik periyot için $23 \pm 2^{\circ} \text{C}$ 'deki inkübatöre yerleştirilmiştir. 24 saat sonunda inkübatörden çıkartılan test kapları içindeki suların renk ve bulanıklık testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ilave ekstraksiyon periyotlarına gerek duyulmayıp test sonlandırılmıştır. Test düzeninin akış diyagramı Şekil 5.5' de verilmiştir

5.3.4 Koku ve Tat Testi

Koku ve tat testi, içme sularının kullanıma macına uygun olarak kokusuz ve tatsız olmaları gerekliliği prensibinden yola çıkılarak suyla temas eden bu yalıtım malzemesinin suda koku ve tat oluşturup oluşturmayacağını değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

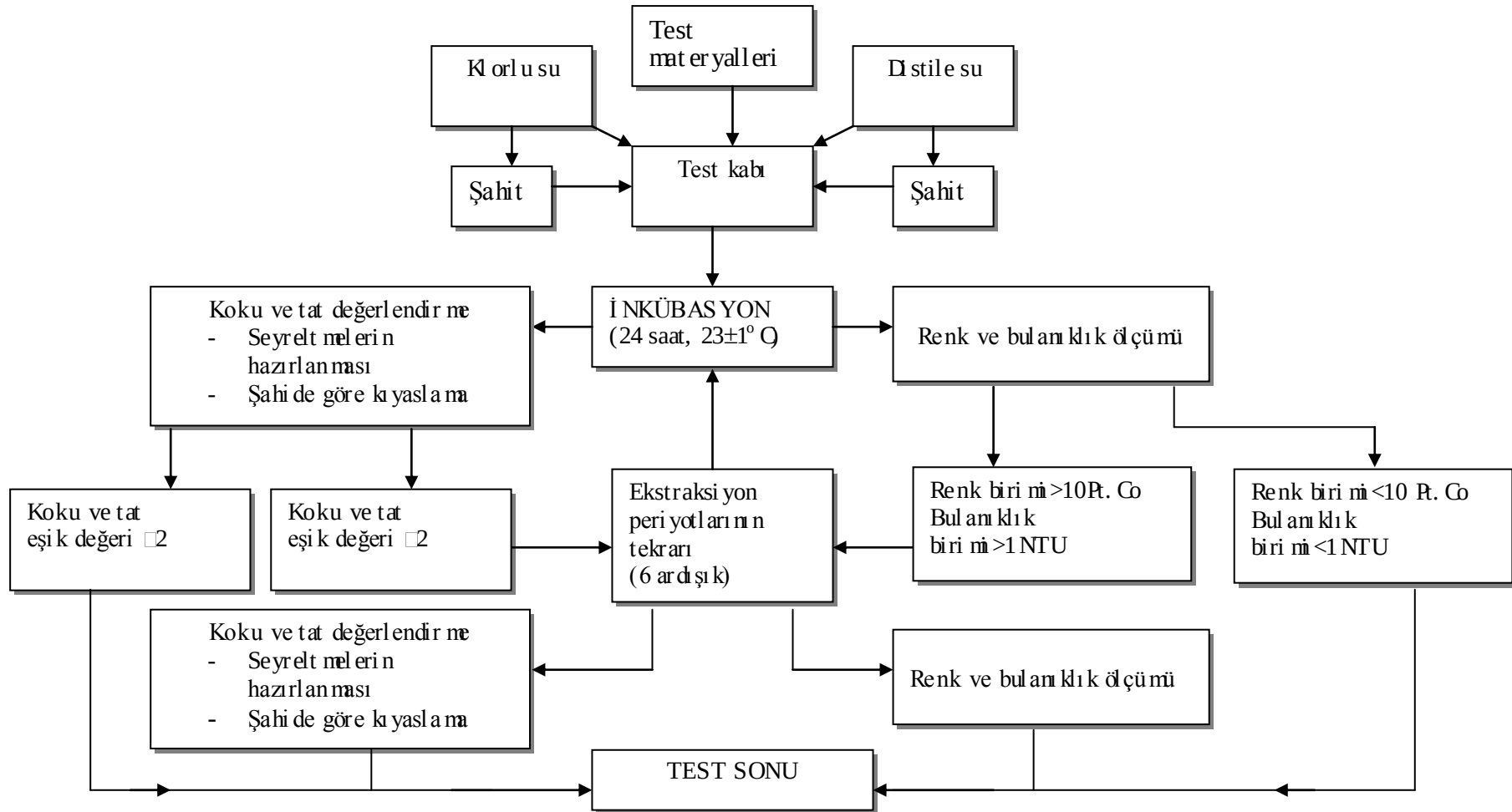
Test materyalinin 24 saatlik inkübasyon periyodu boyunca temas ettiği su, koku ve tat değerlendirilmesi yapmak üzere belirli oranlarda seyreltilir. 24 saatlik periyot boyunca materyalin temas ettiği su ilk ekstraktı temsil etmektedir. İlk ekstrat

standart d n öngördüğü şekilde seyreltilerek koku ve tat değerlendirilir. Şahi de göre yapılacak değerlendirmelerde koku ve tat oluşmuşsa test sonlandırılır ve ekstrat son ekstrat olarak tanımlanır. Şayet test edilen suda koku ve tat oluşumu gözlenirse, materyaller ilave olarak 6 ardışık ekstraksiyon periyodu için suda bekletilip suyla temasları devam ettirilir. Bu periyot sonunda yapılacak koku ve tat değerlendirmesine göre test sonlandırılır veya test edil nemiş bir materyalle aynı adımlar tekrar edilecek şekilde test yeniden başlatılır[28].

Testin uygulanışı : Teste başlanmadan önce her bir test materyali musluk suyuyla 10 dakika boyunca yıkanmış ve test suyunda belirli bir süre bekletilmiştir. Materyaller test kaplarına yerleştirilniş, hemkl orlu hemdistile suyla temas eden materyallerin oluşturduğu test setleri ve şahitleri hazırlanmıştır. Test kapları ilk ekstraksiyon periyodu için $23\pm2^{\circ}C$ ye ayarlanmış inkübatöre yerleştirilmiştir. 24 saatlik inkübasyon periyodundan sonra test kaplarından ekstrakte edilen suların tat ve koku değerlendirmeleri yapılmıştır. Koku ve tat testinin yapıldığı odada koku yayacak herhangi bir materyalin bulunmasına dikkat edilmiştir. Ekstratların koku ve tat ölçümü için standart yöntem olan eşik değer koku ve tat testi uygulanmıştır. Buna göre ekstratlar belirli hacimlerde 200 ml'ye seyreltilmiş ve bu hazırlanan seyreltmelere göre koku ve tat eşik sayıları elde edilmiştir. Tablo 5.7'de çeşitli seyreltmelere uyan eşik koku ve tat sayıları verilmiştir[30]. Seyreltilmiş her ekstratın tat ve kokusu, şahidin koku ve tadıyla mukayese edilerek koku ve tadın hazırlanmış şahitlerle eşdeğer olup olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeye göre koku ve tat testi sonlandırılmıştır. Koku ve tat testine ait test akı mşeması Şekil 5.5'de verilmiştir.

Tablo 5.7 Çeşitli seyreltmelere uyan koku ve tat eşik sayıları

200 ml'ye seyreltilmiş ekstrat hacmi (ml)	Eşik koku ve tat sayısı	200 ml'ye seyreltilmiş ekstrat hacmi (ml)	Eşik koku ve tat sayısı
200	1	12	17
140	1.4	8.3	24
100	2	5.7	35
70	3	4.0	50
50	4	2.8	70
35	6	2.0	100
25	8	1.4	140
17	12	1.0	200



Şekil 5.5 Renk ve bulanıklık, koku ve tat test düzeni

5.3.5 Organik Madde Ekstraksiyon Testi

Kullanılan test materyalinin bileşiminde bulunan stren akrilat ko-poli merinin solidifikasyon sonrası ürün olarak inkübasyona tabii tutulması ile test suyuna bireysel madde bazında bir mikrokirlenici olarak çözünme, ekstraksiyon, hidroliz vb. mekanizmalarla geçmesi ile ilgili bir test olarak düşünülmüştür. Bu test için BS 6920’de herhangi bir yöntem verilmemiş olmasına rağmen test materyalinin yapısı bilindiği takdirde kullanımı sırasında olası bir mikrokirlenici kontaminasyonunu kontrol etmek amacıyla doğrudan ilgili tehlikeli maddenin herhangi bir yapısının bireysel olarak test suyunda varlığının araştırılması amaçlanmakta ve ön görülen standart yöntem ilavesi önerilmektedir. Test materyalinde bulunan stren-akrilat ko-poli merinin formül yapısı itibarıyla stren ve akrilik asit temel maddelerinin suya geçmesi olasıdır. Bu nedenle bu temel maddeler veya ko-poli merinin poli merik yapısı inkübasyon sonrası test suyunda analiz edilmelidir. Olası bir kontaminasyon halinde bu maddelere ait insan sağlığı standartları açısından verilen PEL, TLV- TWA gibi değerlerle karar vermek mümkün olacaktır.

Stren ve akrilatın sudaki bireysel ölçümleri GC, HPLC ile kontrol edilebilir olmasına karşın burada poli merik yapının temel maddelere (stren ve akrilat) bozunmasının düşük bir olasılık olması nedeniyle ko-poli mer yapısının UV spektrofotometrik yöntemle araştırılması amaçlanmıştır.

Testin uygulanışı : Mikroorganizmaların çoğalması testi için 5. haftasındaki 3 günlük inkübasyon periyodu sonunda, 1 no’lu test materyaliyle temas eden klorlu ve distile sulara UV spektrofotometrik yöntemle stren akrilat ko-poli meri araştırılmıştır. Stren-akrilat kopoli merinin 250-300 nm dalga boyunda toplanan eşdeğeri olarak absorbansı spektral analiz yöntemi ile tespit edilmiştir.

5.4 Deneysel Bulgular

Bu bölümde test materyallerinin temas ettikleri sular da yapılan çözünmüş oksijen, renk, bulanıklık, koku, tat ve organik madde ölçümlerine ait deneysel bulgular verilmiştir.

Materyallerin temas ettikleri suların her inkübasyon periyodu sonunda yukarıda belirtilen ölçümleri yapılma üzere ekstratları hazırlanmıştır. Buna göre materyallerin temas ettikleri sulara göre verilen ekstrat numaraları Tablo 5.8’de belirtilmiştir.

Tablo 5.8 Materyallerin temas ettikleri sulara göre ekstrat numaraları

Materyal No ve temas ettiği su	Ekstrat No
1 no’lu test materyali- klorlu su	Ekstrat 1
1 no’lu test materyali- distile su	Ekstrat 2
2 no’lu test materyali- klorlu su	Ekstrat 3
2 no’lu test materyali- distile su	Ekstrat 4

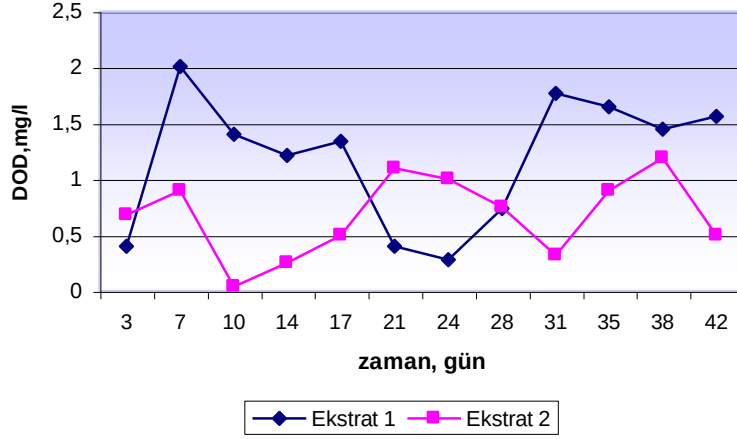
5.4.1 Su Mikroorganizmalarının Çoğalması Testi

7 hafta süren test periyodu sonunda testte kullanılan iki materyalin de gerek klorlu gerekse distile sularla temasında 5., 6. ve 7. haftanın sonunda ölçülmüş ortalama çözünmüş oksijen farkları (MDOD), BS 6920 standardının öngördüğü maksimum değer olan 2.4 mg/l’ni altında kalmıştır. Test materyallerinin temas ettiği klorlu ve distile sular da ortalama çözünmüş oksijen farkları Tablo 5.9’da verilmiştir.

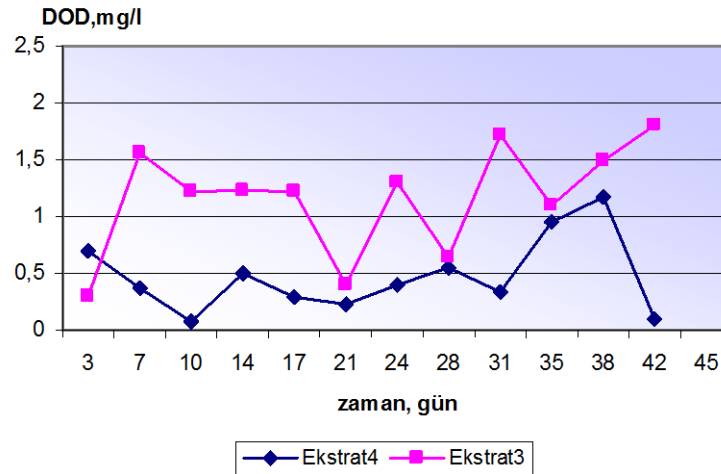
Tablo 5.9 Ekstratların test sonunda ölçülen ortalama çözünmüş oksijen farkları

Test	MDOD, mg/ L	Değerlendirme 2.4 mg/l
Ekstrat 1	1.31	<2.4
Ekstrat 2	0.71	<2.4
Ekstrat 3	1.33	<2.4
Ekstrat 4	0.53	<2.4

Distile suyla temas ettirilen materyallerin oluşturduğu test seti aynı zamanda şahit test seti olarak kullanılmıştır. Şekil 5.6'da 1 no'lutest materyalinin, Şekil 5.7'de ise 2 no'lutest materyalinin klörlü ve distile sularda test periyodu boyunca inkübasyon günleri sonundaki çözünmüş oksijen farklarının (DOD) karşılaştırılması verilmiştir.



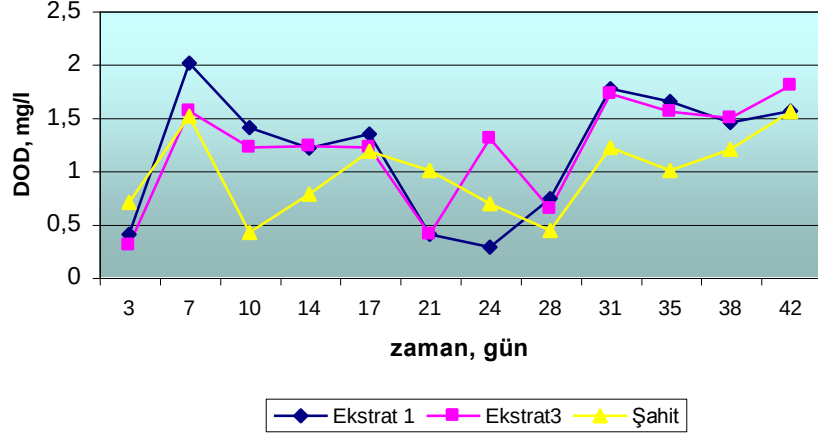
Şekil 5.6 Ekstrat 1 ve Ekstrat 2 için günlere göre DOD değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.7 Ekstrat 3 ve Ekstrat 4 için günlere göre DOD değerlerinin karşılaştırılması

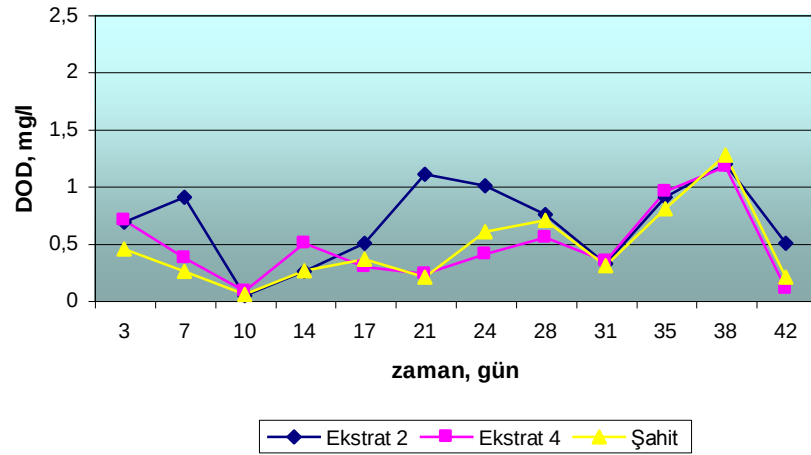
Şekil 5.6'ya göre test periyodu boyunca 1 no'lu materyalin temas ettiği distile suda klörlü suya kıyasla daha az değerlerde çözünmüş oksijen farkları meydana gelmiştir. Materyalin temas ettiği klörlü suda 2.0 mg/l'ye varacak şekilde çözünmüş oksijen farkı meydana gelmiş ancak değerlendirme ye esas alınan haftalar 5. 6. ve 7. Haftaların ortalaması olduğu için testteki pik değer olarak değerlendirme ye alınmamıştır. Şekil 5.7'ye göre ise 2 no'lu materyalin temas ettiği distile suda klörlü suya göre rlatif olarak daha düşük DOD saptanmıştır.

Şekil 5.8 ve 5.9 da sırasıyla, test materyallerinin temas ettikleri klorlu ve distile sularda şahitlere ve birbirlerine göre çözünmüş oksijen farklarının karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 5.8 Ekstrat 1 ve Ekstrat 3'ün birbirleriyle ve şahitle karşılaştırılması

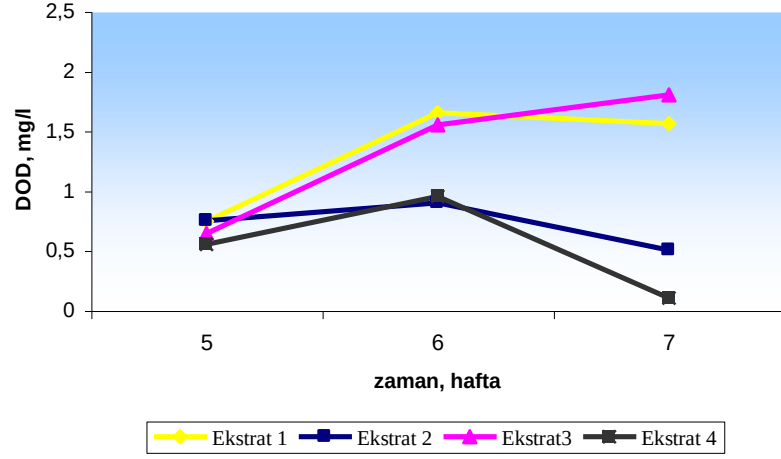
Şekil 5.8'de 10. ve 24. günlerdeki Ekstrat 1 ve Ekstrat 3'ün şahit ekstratına göre sapma göstermesi dışında DOD değerlerinin de standart değerinin altında olmasıyla birlikte şahit deney ile de büyük bir korelasyon görülmektedir.



Şekil 5.9 Ekstrat 2 ve Ekstrat 4'ün birbirleriyle ve şahitle karşılaştırılması

Şekil 5.9'da ise aynı karşılaştırma distile suya karşı yapıldığında aynı korelasyon tekrarlanmaktadır. Buna göre deney periyotlarının hepsinde bir bakteriyel çoğalmanın söz konusu olduğu söylenebilir.

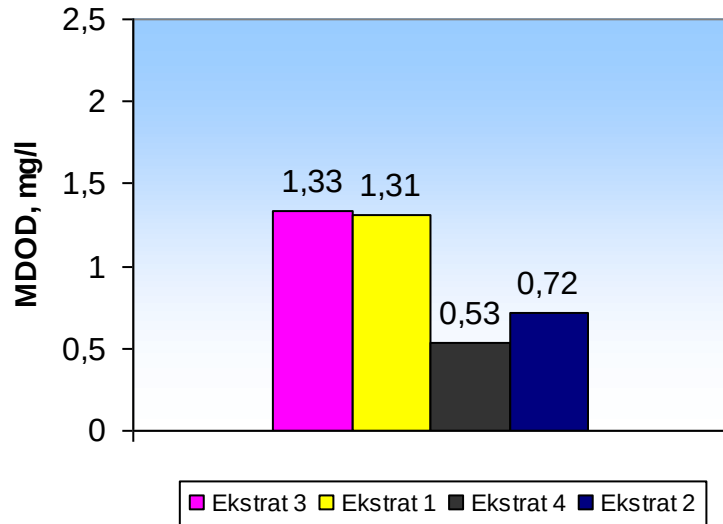
Şekil 5.10 BS 6920 standardının değerlendirilmesine aldığı 5., 6. ve 7. haftaların DOD ölçümünü bir arada göstermektedir.



Şekil 5.10 Ekstratların 5.6. ve 7. haftada ölçülen DOD değerleri

5., 6. ve 7. haftalarda distile su ile klorlu su ekstratlarına ait DOD değerlerinde yaklaşık 1 mg/l'lik farklar ortaya çıkmıştır. Klorlusuyun su mikroorganizmalarının çoğalması için tersine bir etki gerektiği halde distile suyun mikroelementleri içermemesi nedeniyle bu farkın oluşabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bütün değerlerin 2.4 mg/l oksijen farkından küçük olması göz önüne alındığında bu farkların her iki suda da mikrobiyal bir çoğalmaya neden olmadığı standarda göre kabul edilmektedir.

Şekil 5.11'de ekstratlar arasındaki bu farklar çubuk diyagramı olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.11 Ekstratların test periyodu sonundaki ortalama çözünmüş oksijen değerleri

5.4.2 Metallerin Ekstraksiyonu Testi

Metallerin ekstraksiyonu testi, ilk ekstraksiyon periyodundan sonra sonlandırılmıştır. Materyallerle 24 saat temas eden sulara, AAS ile ölçülen Fe ve Mn konsantrasyonları, minimum mükümlü nitlerini altında kalmıştır. Kolorimetrik metot uygulanarak 535 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorpsiyonu okunan Al metali de ölçümlü nitleri altında tespit edilmiştir. Tablo 5. 10'da ekstratlara ait metal ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. 10 Ekstratlara ait metal konsantrasyonları

Parametre	Ölçülen konsantrasyon değerleri, mg/l		Minimum saptanabilir limitler, mg/l
	Ekstrat 2	Ekstrat 4	
Al	<0.006	<0.006	0.006
Fe	<1	<1	1
Mn	<0.3	<0.3	0.3

Tablo 5. 10 sonuçlarına göre ekstratlarda test materyalinden suya herhangi bir metal kontaminasyonunun olmadığı görülmektedir.

5.4.3 Renk ve Bulanıklık Testi

Materyallerle temas edilen sulara ilk ekstraksiyon periyodundan sonra renk ve bulanıklık ölçümleri yapılmış, BS 6920 standardının öngördüğü değerleri geçecek şekilde renk ve bulanıklık saptanmamıştır. BS 6920 standardına göre renk ve bulanıklık ölçümü yapılan ekstratlarda renginin 10 Pt. Co renk birimini ve bulanıklığının 1 NTU bulanıklık biriminden küçük olması istenmektedir.

24 saatlik periyot için materyallerle teması sağlanan klörlü ve distile sulara ait ekstratların bulanıklık ve renk değerleri sırasıyla Tablo 5. 11 ve Tablo 5. 12'de verilmiştir.

Tablo 5. 11 Ekstratların ölçülen bulanıklık değerleri

	Bulanıklık, NTU	Değerlendirme, 1 NTU
Ekstrat 1	0.7	<1
Ekstrat 2	0.4	<1
Ekstrat 3	0.5	<1
Ekstrat 4	0.37	<1

Tablo 5.12 Ekstratların ölçülen renk değerleri

	Renk, Pt. Co	Değerlendirme, 10 Pt. Co
Ekstrat 1	0	<10
Ekstrat 2	0	<10
Ekstrat 3	0	<10
Ekstrat 4	0	<10

Test sonuçlarına göre suda herhangi bir şekilde renk ve standardın öngördüğü değerleri geçecek bulanıklık oluşumunun meydana gelmediği görülmektedir.

5.4.4 Koku ve Tat Testi

Materyallerle 24 saat süre boyuca temas eden suların şahitlere göre koku ve tat değerlendirilmeleri yapılmıştır. Değerlendirme her bir ekstratın belirli oranlarda seyreltilerek şahide göre kıyaslanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Belirli hacimde 200 ml'ye seyreltilen ekstratlar için koku ve tat eşik sayıları belirlenmiştir. Klorlu suyla oluşturulan test seti için şahit amaçlı kullanılan suya göre bu setten elde edilen ekstratların koku ve tat eşik sayıları saptanmıştır. Aynı değerlendirme distile su kullanılarak oluşturulan test seti için de şahide göre yapılacak kıyaslama ile yapılmıştır. Buna göre koku ve tat değerlendirilmeleri yapılan ekstratlara ait tat eşik sayıları Tablo 5.13.'de, koku eşik sayıları Tablo 5.14'de verilmiştir.

Tablo 5.13 Ekstratların tat eşik sayıları

	Tat eşik sayısı	Değerlendirme, 2 tat eşik sayısı
Ekstrat 1	1	<2
Ekstrat 2	1.4	<2
Ekstrat 3	1	<2
Ekstrat 4	1	<2

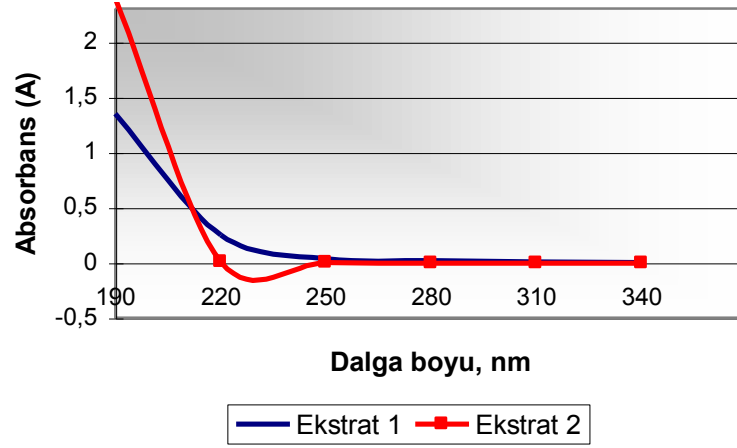
Tablo 5.14 Ekstratların koku eşik sayıları

	Koku eşik sayısı	Değerlendirme, 2 koku eşik sayısı
Ekstrat 1	1	<2
Ekstrat 2	1	<2
Ekstrat 3	-	<2
Ekstrat 4	-	<2

Test sonuçlarına göre suda koku ve tat oluşumunun meydana gelmediği görülmektedir.

5.4.5 UV Spektrofotometre ile Organik Madde Ölçümü

Organik madde 1 no'lu test materyalinin temas ettiği distile ve klorlu sularda araştırılmıştır. İnkübasyon periyodundan sonra organik madde ölçümü için hazırlanan ekstratlar süzülükten sonra UV spektrofotometre yöntemi ile stiren-akrilat kopolimeri için tayin yapılmıştır. Şekil 5.12'de stiren-akrilat kopolimeri için okunan absorban değerleri verilmiştir.



Şekil 5.12 Ekstrat 1 ve Ekstrat 2 için absorban grafiği

Şekil 5.12'ye göre gerek klorlu su gerekse distile suda tekrarlanan ölçümlerde 250-300 nm dalga boyu civarında belirgin bir piki işaret etmemektedir. Bu dalga boyları arasında stiren-grubunun halalkali yapısına benzer olarak tolüen gibi aromatik organik bileşikler absorban göstermektedirler. Grafikte pik tespit edilememesine karşın absorban değerleri üzerinden bir organik madde kuantitesi hesaplanmış ve bu hesaplamada molar absorptivite katsayısı, ϵ için literatürden tolüenin katsayısı eşdeğer olarak alınmıştır. Stiren-akrilat kopolimeri için bu ölçüm ve hesaplama yöntemi gerek kalitatif gerekse kantitatif olarak tespit edilememiştir. Hesaplama için gerekli yöntem aşağıda verilmiştir.

$$A = \epsilon \cdot c \cdot l$$

A : Absorbans

ϵ : Molar absorptivite katsayısı, 260 (tolüen için)

c : konsantrasyon, mol/l

l : hücre genişliği, 1 cm

6 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Mikrokirleticiler veya tehlikeli ve zararlı kimyasalların özellikle su ortamında çevresel risklerinin değerlendirilmesi ve insan sağlığı üzerindeki etkileri için standart bir yöntemin gerekli olduğu daha da ötesi hali hazırdaki standartların risk değerlendirmesine esas teşkil edecek şekilde düzenlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgular ile risk değerlendirmesinin temel ögeleri arasında ilişki kurulmuş ve kullanılan yöntem ve standartların sonuçları ortaya konulmuştur. Buna göre;

Çevreye giren kirleticinin kaynağı belirlenmelidir. Burada kirletici, göreceli ve bireysel madde olarak stren olup stren-akrilat ko-polimerinin sulu dispersiyonu ile çimento karışımından oluşan solidifiye ve cansı bir yapı malzemesi kaynağında bulunmaktadır. Kirletici kaynağının bu yapı malzemesi olduğu tespit edilmiştir.

Spesifiksu kirleticisini çevrede yayılımı ve dağılım şekli belirlenmelidir. Stren ve akrilik asit, adı geçen yapı malzemesinin içme suyu depolarında kullanımı ile bir ara kaynak olarak çevreyle temas halindedir. Bu haliyle, içme suyuna temasında maruz kalma süresi ve sıklığı belirlenmelidir. Bu çalışmada, BS 6920 standardının gereği olarak malzemenin 7 haftalık inkübasyonu ile maruz kalma sağlanmış 3-4 günlük inkübasyon periyotları ile maruz kalma sıklıkları ortaya konulmuştur. Çevreye giriş şekli olarak bireysel maddelerin veya bileşiğin katı formdan kimyasal çözünme ile suya geçmesi araştırılmıştır.

DeneySEL çalışma ile varılan sonuçların risk değerlendirmesi olarak ortaya konulması ülkemizde olmayan yabancı bir standart yönteme dayanmaktadır. BS 6920 standardı “İnsanlar Tarafından Tüketilen Su ile Temasta Su Kalitesini Etkilemeye Meyilli Metalik Olmayan Ürünlerin Kullanılabilirliği” adını taşımaktadır. Bu standardın önerdiği yöntem ile araştırılan konular suya tat ve koku, renk ve bulanıklık, ağır metal geçişi, su

mi kroorganizmalarının gelişmesi ve standart olmakla birlikte hücrel zehirlilik testlerini içermektedir. Bu standarda bireysel maddenin inkübasyon sonrası doğrudan ölçümü eklenmiştir.

Bu çalışmada, standardın önerdiği deneyler çerçevesinde tat ve koku eşiklerinin geçilmediği tespit edilmiştir. Bu sonuç, risk değerlendirme içinde kullanılan malzemelerin suyla temasında tat ve koku riski meydana getirmediği yönünde değerlendirilmiştir.

Yapılan renk ve bulanıklık testlerine göre 1 günlük inkübasyon süresince malzemelerle temas eden sularda, ölçülen renk ve bulanıklık değerlerinin standart tarafından ön görülen renk ve bulanıklık birimini geçmediği tespit edilmiştir. Malzemelerin temas ettikleri sularda 0 Pt. Co değerinde renk birimi ölçülmüştür. 1, 2, 3 ve 4 no'lu ekstratlar için sırasıyla 0.7, 0.4, 0.5 ve 0.37 NTU biriminde ölçülen bulanıklık değerlerinin standardın belirttiği bulanıklık birimi olan 1 NTU'dan küçük olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, malzemelerin temas ettiği temiz sularda malzemenin suya olası bir çözünme olmadığını, bir başka deyişle malzemenin kullanımının suya bir renk ve bulanıklık riski yaratmadığı şeklinde değerlendirilmiştir.

Su mikrobiyal organizmalarının çoğalma testi 7 haftalık inkübasyon periyodundan sonra sonlandırılmış ve değerlendirme esas alınan 5.6. ve 7. haftalara ait çözünmüş oksijen farklarının ortalaması olan MDOD değerlerinin her bir ekstrat için müsaade edilen maksimum değer olan 2.4 mg/l'yi geçmediği tespit edilmiştir. Buna göre 1, 2, 3 ve 4 no'lu ekstratlar için sırasıyla 1.31, 0.71, 1.33 ve 0.53 mg/l değerleri ölçülmüştür. Elde edilen bu değerler, malzemelerin temas ettikleri gerek klorlu gerekse distile sularda oksijenin pratik olarak tüketilmediği yani suda mikrobiyal bir çoğalma olmadığını ve dolaylı olarak suya substrat olacak bir organik madde kontaminasyonu riski oluşturmadığı yönünde değerlendirilmiştir. Su mikrobiyal organizmalarının çoğalma testi sonuçlarına göre, suda mikrobiyal popülasyonun meydana gelmesi, ölçülen bulanıklık testi sonuçlarıyla da kanıtlanmıştır.

Temiz suyla temas eden bu malzemelerden, malzeme bileşeni olan çimentodan suya karışması mümkün olan Al, Fe ve Mn metalleri suda tespit edilememiştir. AAS metodu

ile ölçülen Fe ve Mn konsantrasyonları ile kolorimetrik metotla ölçülen Al konsantrasyonu minimum okuma limitlerinin altında kalmıştır. Bu sonuçlar, malzemelerin temiz su ile temasında olası bir ağır metal zehirlilik riski meydana getirmediği şeklinde değerlendirilmiştir.

İnsan sağlığı risk değerlendirmesi için esas olan tehlikeli maddenin konsantrasyonu ve dozudur. Bu konsantrasyon, herhangi bir yolla maruz kalınan bireysel tehlikeli bir maddenin maruz kalan insanda ve diğer canlılarda istenmeyen etkilerin görüldüğü değerdir. Burada risk değerlendirmesi için esas teşkil edecek ana yaklaşım içme suyuyla temas halinde olan malzemeden kimyasal bileşimi itibarıyla stiren-akrilat kopolimerinin veya stiren ve akrilik asit bireysel tehlikeli maddesinin suya geçip geçmeyeceğidir. Bu sebeple, ağız yoluyla alındığı takdirde insan sağlığı için tehlikeli olan polimer veya polimer içindeki en tehlikeli olan stiren monomeri, malzemenin 3 günlük inkübasyon periyodu içinde temas ettiği sularla UV spektrofotometre yöntemi ile araştırılmıştır. Burada esas yaklaşım BS 6920 standartlarının öngördüğü test prosedürlerine ek olarak, tehlikeli maddenin doğrudan ölçümüdür. Stiren-akrilat kopolimerini tüten eşdeğeri olarak yapılan spektral analiz sonucunda suda stiren-akrilat kopolimerine rastlanmamış ve dolayısıyla stiren ve akrilik asit bireysel tehlikeli maddelerinin suya kontamine olmadığı şeklinde değerlendirilmiştir. Elde edilen bu sonuç, temiz su ile temas eden bu malzemeden suya herhangi bir tehlikeli madde geçişi riski olmadığı yönünde değerlendirilmiştir.

Yapılan bu testler içme suyu ile temas süresince suya kontamine olabilecek bir mikrokirleticinin insan sağlığı açısından risk değerlendirmesinin yapılabilmesi için esas ve gereklilik teşkil etmektedir.

İçme suyu ile temas halinde olan yapı kimyasallarından herhangi bir kirleticinin suya geçip geçmediği değerlendirilmelidir. BS 6920 Standartlarına göre uygulanan testler risk değerlendirmesi adına dolaylı veriler sağlamaktadır. Bu sebeple, insan sağlığı için risk değerlendirmesi açısından temel alınacak deneysel yaklaşım suya geçmesi mümkün bireysel tehlikeli maddelerin uygun metotla doğrudan analitik ölçümleridir.

Bu çalışmada BS 6920 standartlarına göre yapılan testlere ek olarak *stren-akrilat* ko-
polimerinin UV Spektrofotometre ile ölçümü bir analitik yöntem olarak benimsenmiştir.
Polimer maddenin ölçümü ile risk karşılaştırması, bu polimer için PEL değerinin
bilinmesi sebebiyle polimeri teşkil eden iki temel maddeye ait $PEL_{stren} = 100 \text{ mg/l}$,
 $PEL_{akrilik asit} = 2 \text{ mg/l}$ bilgileri kullanılarak yapılmıştır. Buna göre uygun analitik yöntem
ve temel tehlikeli maddelerin bilinen standartları ile risk değerlendirilmesinin
yapılmasının standarda eklenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Talın İ.**, 1993. Tehlikeli Maddeler ve Çevresel Risk Değerlendirmesi Projesi, Proje Sonuç Raporu, İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul
- [2] **Anthony, R M, Breinhurst, L H**, 1981, Determining Maximum Influent Concentrations of Priority Pollutants for Treatment Plants, *Journal WFCG*, **53**, Number 10, Page 1457-1468
- [3] **Holt, MS**, 2000. Sources of Chemical Contaminants and Routes into the Freshwater Environment, *Food and Chemical Toxicology*, **38**, S21-S27
- [4] **OECD**, 1982. Control Policies for Specific Water Pollutants, 75775, Paris, CEDEX 16, France.
- [5] **Hoffer, M, Shuker, L**, 2000. ILSI Workshop on Assessing Health Risks from Environmental Exposure to Chemicals: the Example of Drinking Water, Summary Report, *Food and Chemical Toxicology*, **38**, S3-S12
- [6] **Cunningham H M, & Ponterfract, R D**, 1971. Asbestos Fibres in Beverages and Drinking Water , *Nature* 232, 332, 1971
- [7] **Curwell, S R & March, C G**, 1986. Hazardous Building Materials, A Guide to the Selection of Materials, E & F. N, London, ISBN 0-419-13730-0
- [8] **Hallenbeck, W and Hesse, E**, 1977. Overview of Mechanisms by Which Asbestos Could Enter Drinking Water, *SOEH Conference on Occupational Exposures to Fibrous and Particulate Dust and their Extension into the Environment*, December 4-7.
- [9] **Zoteman, B C J**, Sensory Assessment and Chemical Composition of Drinking Water
- [10] **EPA**, 2002. National Primary Drinking Water Regulations, EPA's Drinking Water standards, Office of Water, USA
website: [http:// www.epa.gov/safewater/npl.html](http://www.epa.gov/safewater/npl.html)
- [11] **Council Directive**, 1998. 98/83/EC of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption.

- [12] **Myer, E**, 1989. Chemistry of Hazardous Materials, A Brady Book, 2nd Edition, ISBN 0-89303-133-X, New Jersey, U S A
- [13] **Wrobec, N D**, 1986. Toxic Substances Control Primer, The Bureau of National Affairs, Inc. Washington, DC ISBN 0-87179-517-5
- [14] **Zararlı Kimyasal Madde Ve Ürünlerinin Kontrolü Yönetmeliği**, T. C. Resmi Gazete, 7 Ekim 1993, Sayı: 21634.
- [15] **Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği**, Suda Tehlikeli Ve Zararlı Maddeler Tebliği, T. C, Resmi Gazete, 12 Mart 1989, Sayı : 20106
- [16] **Sacarello, Hildegarde L A**, 1993. The Comprehensive Handbook of Hazardous Materials-Regulations, Handling Monitoring and Safety, Lewis Publishers, U S A, ISBN 0, 87371-247-1
- [17] **Spector, WS**, 1956. Handbook of Toxicology, Vol.I, Saunders Co., Philadelphia, U S A
- [18] **Zajac, J. E, Himmelman, W A**, 1978. Highly Hazardous Materials Spills and Emergency Planning ISBN 0-8247-6622-9, New York, U S A
- [19] **U S House Document 92-70**, 1971. Control of Hazardous Polluting Substances, A Report on Control of Hazardous Polluting Substances Pursuant To Section 12 (g) ff The Federal Water Pollution Control Act as Amended, Washington
- [20] **N OSH** 1999. Pocket Guide to Chemical Hazard and Other Databases, U S Department of Health and Human Services Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention, DHHS(N OSH) Publication No. 2000-130
- [21] **EPA** 1990. Risk Assessment, Management and Communication of Drinking Water Contamination, Office of Research and Development, Washington, USA
- [22] **EPA** 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1 Human Health Evaluation Manual (Part A), Interim Final, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, U S A
- [23] **Calderon, R L**, 2000. The Epidemiology of Chemical Contaminants of Drinking Water, *Food and Chemical Toxicology*, **38**, S13-S20
- [24] **Kocher, D C and Greim H**, 2002, An Approach to Comparative Assessments of Potential Health Risks from Exposure to

Radi onuclides and Hazardous Chemicals, *Environment International*,
27, 663-671

- [25] **Bates A**, 2000. Water as Consumed and Its Impact on the Consumer- Do We Understand The Variables?, *Food and Chemical Toxicology*, **38**, S29-S36
- [26] **Dick-Looijaard AM, Genderen J.**, 2000. Levels of Exposure from Drinking Water, *Food and Chemical Toxicology*, **38**, S37- S42
- [27] **DIN Safety Data Sheet** , 1994. Sika Top Seal-107, Comp A- Comp B, SİKA AG Zürich
- [28] **BS 6920**, 2000. Suitability of Non- Metallic Products for Use In Contact with Water for Human Consumption with Regard to Their Effect on the Quality of Water, *British Standards Institution*, London.
- [29] **APHA, AWWA and WEF**, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition, Washington, DC, USA
- [30] **Şengül, F., Türkman A**, 1991. Su ve Atıksu Analizleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

İrem Karataşlı 1977 yılında Almanya’da doğdu. 1995 yılında Konya Atatürk Kız Lisesi’nden mezun oldu. Aynı yıl Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’ne girdi. Lisans eğitimini 1999 yılında tamamladı. 1999-2000 yılları arasında Koç Üniversitesi İşletme Enstitüsü’ne bağlı PMBA programında İngilizce Hazırlık eğitimi aldı. 2000 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü’ne yüksek lisans eğitimine başladı.