

**T.C**  
**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PLASTİKLERİN MICROCRUSTACEAE POPULASYON YAPISI**  
**ÜZERİNE ETKİLERİ**

**MERVE DUYGU ŞEFTALİCİOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**MALATYA**

**HAZİRAN 2019**

Tezin Başlığı: PLASTİKLERİN MICROCRUSTACEAE POPULASYON  
YAPISI ÜZERİNE ETKİLERİ

Tezi Hazırlayan: Merve Duygu ŞEFTALİCİOğLU

Sınav Tarihi : 17.06.2019

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Biyoloji Anabilim  
Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

### **Sınav Jüri Üyeleri**

**Tez Danışmanı: Doç.Dr. Didem GÖKÇE**

İnönü Üniversitesi

**Prof. Dr. Muhittin YÜREKLİ**

İnönü Üniversitesi

**Dr. Öğretim Üyesi Aysel UÇKUN**

Adıyaman Üniversitesi

**Prof. Dr. H. İbrahim ADIGÜZEL**

Enstitü Müdürü

## **Onur sözü**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Plastiklerin Microcrustaceae Populasyon Yapısı Üzerine Etkileri” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Merve Duygu ŞEFTALİCİOĞLU



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

# PLASTİKLERİN MICROCRUSTACEAE POPULASYON YAPISI ÜZERİNE ETKİLERİ

Merve Duygu ŞEFTALİCİOĞLU

İnönü Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı

69+xiii sayfa

**Danışman:** Doç.Dr. Didem Gökçe

2019

Bu tez çalışmasında, plastiklerin ham maddelerinden olan PVA (Polivinil-Alkol) ve PMA (Polimetakrilik-Asit) polimerlerinin tatlısularında yaşayan, ekosistemde önemli bir halkayı oluşturan birincil tüketici canlılardan *Daphnia magna*'ya olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca, populasyon yapısını belirleyen parametreler incelenerek kontaminasyona bağlı olarak ekosistem dengesinin ne yönde değiştiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

*D. magna* bireyleri, farklı konsantrasyonlardaki MP-PVA, MP-PMA çözeltilerine akut ve kronik olarak maruz bırakılmıştır. Kontrol ve konsantrasyon gruplarında bulunan toplam 375 adet *D. magna* bireyinin morfolojik (boy, en, spin) ölçümleri alınmış, meydana gelen neonat sayıları, ömür uzunlukları kaydedilmiştir. Deney sonunda ise bu verilerle ömür uzunlukları, toplam progeni, net artış hızları ve populasyon büyüklükleri ve LC<sub>50</sub> değerleri hesaplanmıştır.

Üç tekrarlı olarak yapılan deney sonuçlarında MP-PVA kronik uygulamada LC<sub>50</sub> değeri, 24,396 mg/L; akut uygulamada LC<sub>50</sub> değeri, 27,773 mg/L MP-PVA olarak kaydedilmiştir. MP-PMA kronik uygulamada LC<sub>50</sub> değeri, 14,777 mg/L; akut uygulamada LC<sub>50</sub> değeri ise 74,574 mg/L MP-PMA olarak hesaplanmıştır. Kronik ve akut deneylerde ilk günden itibaren bireylerde morfolojik gelişme kaydedilmiş; PVA kronik uygulamada bireylerin spin yapılarında deformasyonlar gözlenmiştir. MP-PMA'nın deneylerinde dişi neonat oluşumu gözlenmişken, MP-PVA'da 5mg/L uygulamasında erkek neonat gözlenmiştir. Akut ve kronik deneyler ele alındığında MP-PMA'ya maruz kalan bireylerde ömür uzunluğu, MP-PVA'ya maruz kalan bireylerden daha fazladır. Aynı zamanda kronik MP-PMA uygulamasında diğer uygulanan mikroplastığe göre daha fazla neonat oluşmuştur.

Bu verilere göre sucul organizma olan *D. magna*, farklı konsantrasyonlardaki mikroplastik polimerlerine; kısalan ömür uzunluğu, epifidyum oluşumu, embriyo gelişimi tam oluşmadan bırakılan yumurtalar ve morfolojik deformasyonlarla tepki vermişlerdir. Çalışılan MP-PVA, MP-PMA'nın kirletici etkiye sahip olduğu ve besin zincirinde önemli bir basamakta bulunan *D. magna* populasyon yapısını etkilediği kaydedilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Mikroplastik, PVA, PMA, hayat tablosu, populasyon büyüklüğü, *Daphnia magna*, akut, kronik

## ABSTRACT

Master Thesis

### THE EFFECTS OF PLASTICS ON POPULATION STRUCTURE OF MICROCRUSTACEA

Merve Duygu ŞEFTALİCİOĞLU

İnönü University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

69 + xiii pages

**Supervisor:** Assoc.Prof. Didem GÖKÇE

2019

In this study, the effects of PVA (Polyvinyl-Alcohol) and PMA (Polymethacrylic-Acid) which are the raw material for plastics on *Daphnia magna* was examined. *D. magna* is a very important species and the first consumer level of the food web. Furthermore, the parameters determining the population structure were investigated and this thesis was aimed to determine how the ecosystem balance changes in relation to the contamination. Different concentration of MP-PVA and MP-PVA solutions were applied on *D. magna* individuals as acute and chronic exposure. Morphologic characteristics such as length, width and spin were taken from 375 individuals in control and concentration groups and their survivorships, numbers of neonates were recorded.

Survivorships, total progeny, net reproductive rate, population size and  $LC_{50}$  values are calculated at the end of the experiment.  $LC_{50}$  values of MP-PVA in

triplicate experiments were recorded as follows: 24.396 mg/L in the chronic assay; 27.773 mg/L in the acute assay. The values of  $LC_{50}$  for MP-PMA are 14.777 mg/L in the chronic assay, 74.574 mg/L in the acute assay. Morphologic developments have been observed in the chronic and the acute experiments from the first day. Deformation in spin structures has been observed in chronic MP-PVA test. Parthenogenetic females have been seen in chronic MP-PMA assay; on the other hand, the male neonate has been detected in 5 mg/L MP-PVA exposure. Considering acute and chronic experiments individuals that applied MP-PMA had more longevity than other individuals that applied MP-PMA. Besides, there were more neonates in chronic MP-PMA assay compared with other microplastic which was applied.

According to the results of these experiments, different results were taken from varying concentrations of microplastic polymers. *D. magna* has reflected differently in decreasing lifetime, ephippium formation, embryo development, immature eggs and morphologic deformations. It has been found that MP-PMA and MP-PVA have pollutant effects and these microplastic polymers affect population structure of *D. magna*.

KEY WORDS: microplastic, PVA, PMA, lifetable, population structure, *Daphnia magna*, acute, chronic

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesinde ve daha sonrasındaki tüm aşamalarda beni yalnız bırakmayan, öngörü ve bilgi birikimine her zaman gıpta ettiğim Danışman Hocam Sayın Doç.Dr. Didem GÖKÇE' ye saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez boyunca bilgilerini paylaşan, mikroplastiklerin temini ve analizini sağlayan İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Öğretim Üyesi Sayın Prof.Dr. Süleyman KÖYTEPE ve Doktora öğrencisi Büşra AKSOY ERDEN'e;

Tezimin yürütülmesi sırasında bölümümüzün tüm olanaklarından faydalanmamı sağlayan Bölüm Başkanlığına;

Tez çalışmam boyunca bilgisiyle büyük desteğini gördüğüm Buğrahan ARSLAN'a;

Bu tez çalışmasında da olduğu gibi hayatımın her aşamasında yanımda olan ve kolaylaştıran tüm aileme ve özellikle güzel insanlar annem Handan YAĞIŞ, teyzem Nazan ARSLAN ve eşim Vural ŞEFTALİCİOĞLU'na;

Bir biyolog olarak daha doğal bir dünya çabasıyla hazırlanan bu çalışmamı anlamlı kılacak olan oğlum Alparslan ŞEFTALİCİOĞLU'na;

teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Suyun Canlılar İçin Önemi	1
1.2. Su Kalitesi ve Kirliliği	2
1.3. Plastikler	3
1.3.1. Plastiklerin su ekosistemine olan etkileri	5
1.4. Polivinil Alkol (PVA)	7
1.5. Polimetakrilik Asit (PMA)	8
1.6. Tez Çalışmasının Amacı	8
2. KAYNAK ÖZETLERİ	10
2.1. Denizlerde Yapılan Çalışmalar	10
2.2. Tatlısularda Yapılan Çalışmalar	12
3. MATERYAL METOD	16
3.1. <i>Daphnia magna</i>	16
3.1.1. <i>Daphnia magna</i> 'nın Sistematığı	16
3.1.2. <i>Daphnia magna</i> 'nın Özellikleri	16
3.2. Çalışmada Kullanılan Mikroplastikler (PVA ve PMA)	20
3.2.1. MP-PVA ve MP-PMA Özellikleri	20
3.3. Laboratuvar Ortamı	21
3.4. Deney Yöntemi	21
3.4.1. Deney Çözeltilerinin Hazırlanması	21
3.4.2. Deneyin Yapılışı	22
3.4.3. <i>D. magna</i> hayat tablosu ve populasyon büyüklüğü parametreleri	23
3.5. İstatistiksel Analiz	24
4. BULGULAR	26
4.1. Kronik MP-PVA Uygulaması	26
4.1.1. Ömür Uzunluğu	26

4.1.2.	Toplam Progeni	26
4.1.3.	Net Artış (Reprodüktif) Hızı	28
4.1.4.	Populasyon Büyüme Hızı	29
4.1.5.	Morfometrik Veriler	30
4.2.	Kronik MP-PMA Uygulaması	32
4.2.1.	Ömür uzunluğu	32
4.2.2.	Toplam Progeni	34
4.2.3.	Net Artış (Reprodüktif) Hızı	35
4.2.4.	Populasyon Büyüme Hızı	36
4.2.5.	Morfometrik Veriler	37
4.3.	Akut MP-PVA Uygulaması	39
4.3.1.	Ömür Uzunluğu	39
4.3.2.	Morfometrik Veriler	40
4.4.	Akut MP-PMA Uygulaması	42
4.4.1.	Ömür Uzunluğu	42
4.4.2.	Morfometrik Veriler	44
5.	TARTIŞMA ve SONUÇ	47
5.1.	Populasyon Hayat Tablosu	47
5.2.	Morfolojik Veriler	52
6.	KAYNAKLAR	56

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Zooplankton tarafından mikroplastiklerin alınımını etkileyen faktörler.....	6
Şekil 1.2	Kaynak ve taşınma olarak sucul ekosistemde mikroplastiklerin sediment ve su kütleindeki olası etkileri.....	7
Şekil 3.1	<i>D. magna</i> 'da vücut kısımları a. Kronik uygulama, 2.5 mg/L MP-PVA, 19. gün (büyütme, 25X); b. Kronik uygulama, MP-PMA kontrol grubu, 15. gün (büyütme, 20X).....	17
Şekil 3.2	<i>D. magna</i> 'da efüpiyum oluşumu.....	19
Şekil 3.3	MP-PMA ve MP-PVA partiküllerinin SEM görüntüleri.....	20
Şekil 3.4	İnönü Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Plankton Kültür Laboratuvarı.....	21
Şekil 3.5	<i>D. magna</i> 'nın morfolojik incelenmesi, kronik uygulama, 10 mg/L MP-PMA, 14. gün (büyütme, 20X; İnönü Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Limnoloji Araştırma Laboratuvarı) .....	23
Şekil 4.1	Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlara maruz kalan <i>D. magna</i> 'nın ömür uzunluğu.....	27
Şekil 4.2	Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki toplam progeni.....	28
Şekil 4.3	Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki popülasyon net artış hızı.....	29
Şekil 4.4	Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki popülasyon büyüme hızı.....	30
Şekil 4.5	Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D.magna</i> bireylerinin ortalama boy uzunluğu (mm) .....	31
Şekil 4.6	Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D.magna</i> bireylerinin ortalama genişliği (mm).....	31
Şekil 4.7	Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D.magna</i> bireylerinin ortalama spin uzunluğu (mm).....	31
Şekil 4.8	Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlara maruz kalan <i>D. magna</i> 'nın ömür uzunluğu.....	33
Şekil 4.9	Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki toplam progeni değişimi.....	34
Şekil 4.10	Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki popülasyon net artış hızı değişimi.....	35
Şekil 4.11	Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki popülasyon büyüme hızı değişimi.....	36
Şekil 4.12	Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D. magna</i> bireylerinin ortalama boy uzunluğu (mm).....	37
Şekil 4.13	Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D.</i>	

	<i>magna</i> bireylerinin ortalama genişliği (mm).....	37
Şekil 4.14	Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D. magna</i> bireylerinin ortalama spin uzunluğu (mm).....	38
Şekil 4.15	Akut MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlara maruz kalan <i>D. magna</i> 'nın ömür uzunluğu.....	40
Şekil 4.16	Akut MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D. magna</i> bireylerinin ortalama boy uzunluğu (mm).....	41
Şekil 4.17	Akut MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D. magna</i> bireylerinin ortalama genişliği (mm).....	41
Şekil 4.18	Akut MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D. magna</i> bireylerinin ortalama spin uzunluğu (mm).....	41
Şekil 4.19	Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlara maruz kalan <i>D. magna</i> 'nın ömür uzunluğu.....	43
Şekil 4.20	Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D. magna</i> bireylerinin ortalama boy uzunluğu (mm).....	45
Şekil 4.21	Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D. magna</i> bireylerinin ortalama vücut genişliği (mm).....	45
Şekil 4.22	Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki <i>D. magna</i> bireylerinin ortalama spin uzunluğu (mm).....	45
Şekil 5.1	MP-PVA 50 mg/L konsantrasyon artışıyla baskılanarak karapaks ile atılan yumurtalar.....	50
Şekil 5.2	Kronik MP-PVA deneyinde erkek neonatın olduğu gözlenmiştir a)16.gün, 5 mg/L (Büyütme: 25X); b) 20.gün, 5 mg/L (Büyütme: 20X).....	51
Şekil 5.3	Kronik PVA uygulamasında spin morfolojisindeki bozulmalara örnekler a) 25 mg/L MP-PVA; b) 50mg/L MP-PVA.....	53
Şekil 5.4	Kronik MP-PVA uygulamasının kontrol grunda, normal morfolojideki spin görünümüne örnek.....	54

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	MP-PVA ve MP-PMA konsantrasyonları.....	22
Çizelge 4.1	Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlarda <i>D. magna</i> 'nın morfolojik farklılıkları One-way ANOVA ile test edilmiştir.....	32
Çizelge 4.2	Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlarda <i>D. magna</i> 'nın morfolojik farklılıkları One-way ANOVA ile test edilmiştir.....	39
Çizelge 4.3	Akut MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlarda <i>D. magna</i> 'nın morfolojik farklılıkları, One-way ANOVA ile test edilmiştir.....	42
Çizelge 4.4	Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlarda <i>D. magna</i> 'nın morfolojik farklılıkları, One-way ANOVA ile test edilmiştir.....	46

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Suyun Canlılar İçin Önemi

Dünya üzerindeki tüm yaşam için yaşamsal bir habitat olan su, biyokimyasal reaksiyonlar için ortam, elektrokimyasal dönüşümler, besin, canlı üremesi ve birçok fonksiyon için büyük önem taşıyan bir ekosistemdir. Dünyanın oluşumu ile birlikte ortaya çıkan su, yeryüzünün %71'ini kaplamaktadır (Özsoy, 2009). Dünya üzerindeki toplam su miktarının da yaklaşık %2'si tatlısu kaynakları iken, kalan %98'ini ise okyanuslar ve denizler oluşturmaktadır (Maman, 2016). Canlıların kullanımına elverişli olan tatlısu miktarı, toplam tatlısuyun yaklaşık %0,3'ü kadardır. Geri kalan tatlısu, çoğunlukla kutuplar, buzullar, bataklık ve yeraltı suyu rezervlerinde bulunmaktadır (Muluk vd., 2013).

Suyun insanlarla olan ilişkisi hiç bitmeyeceği gibi değişen yaşam şartlarının sürekli gelişerek değişmesi ve nüfusun artmasıyla bağımlılık da artmakta ve talep yükselmektedir (Öktem ve Aksoy, 2014). Su, doğaya yapılan müdahaleler sonucunda canlıların kullanamayacağı hale gelmektedir (Firidin, 2015). Su, genel alıcı ortamlardan birisidir. Gerek antropojenik faaliyetler sırasında gerekse doğal yollardan suya kirleticiler karışmaktadır. Bu kirleticilerin miktarı, suyun kendini yenileme ve taşıma kapasitesini aşmadığı sürece önemli bir sorun oluşturmaz. Bu durumun aksine suya verilen kirleticilerin miktarı, suyun kendi yenileme kapasitesini aşar ise su kirliliği oluşur (Dinçer, 2014; Kumar ve Yaashikaa, 2019).

Tüm canlıların yaşaması için en önemli ihtiyaçlardan olan su (Maman, 2016), o habitat için kalitesi bozulmadığı sürece kullanıma uygundur. Bazı canlılar için yaşam ortamı olan su, canlılar için bir besin kaynağı olmasının yanı sıra, içerisinde barındırdığı bileşikler ve mineraller ile insan vücudunun biyokimyasal reaksiyonlarının gerçekleşmesinde de son derece önemlidir. Vücudun pH dengesinin korunmasından, hücrelerin içerisinde bulunan moleküllere, organellere kadar etkili olan suyun birçok görevi bulunmaktadır (Akın ve Akın, 2007; Dinçer, 2014).

Küresel su tüketimi, nüfus artış hızıyla birlikte çarpıcı bir şekilde artmıştır. Bireyler ve toplumlar için gıda üretimi ve daha iyi bir yaşam standardı su talebini artırmaktadır. Suyun yeterli miktarda ve kalitede bulunması, sürdürülebilir kalkınma için gerekli bir şarttır. Tatlısu kaynaklarının sürekliliğinin sağlanabilmesi, yenilenebilir doğal kaynakların iyi yönetimi, sürdürülebilir kalkınma, büyüme ve

refah için önemlidir (Chowdhury, 2019). Diğer yandan özellikle günümüz şartlarında kullanılabilir su miktarı oldukça kısıtlıdır (Maman, 2016). Su kaynaklarına olan talep giderek artmakta, yanlış kullanımlar sebebiyle de kısıtlı olan su kaynakları hızla azalmaktadır (Çakmak ve Gökalp, 2011). Su talebi karşısında, dünyada yaşanan iklim değişimi ile birlikte kullanılabilir durumdaki su kaynaklarının giderek azalması, insanoğlunun temel ihtiyaçlarından olan suyu dünya gündeminde ilk sıraya taşımaktadır. Tamamen yenilenemeyen bir kaynak olan su, insanların hayat standardını ve ekonomik yapıyı doğrudan etkilemektedir (Meriç, 2004; Aksungur ve Firidin, 2008).

Bu sebeple su kaynaklarının akılcı kullanımı ve her dönem ihtiyaca cevap verecek miktarda olması gerekmektedir. Bu da bir planlama ve karar verme süreçlerinin eşgüdüm ve entegrasyonu ile başarılabilir. Buradan hareketle su kaynaklarının yönetiminde temel iki unsur, su kaynaklarını korunması ve kaynakların sürdürülebilir hale getirilmesidir (Aksungur ve Firidin, 2008).

Su yönetimi, su kaynaklarının planlı bir şekilde geliştirilmesi, dağıtılması ve kullanılması olarak tanımlanmakta ve tarımsal, evsel, endüstriyel su kullanımı şeklinde gruplanmaktadır. Ancak kullanım şekilleri yanında su yönetimi, su kalitesi, atık suların kullanımı, su hukuku, uluslararası hukuk ve sağlık gibi çok geniş bir ilgi alanını da kapsamaktadır (Aküzüm vd., 2010). Limnoloji temelli oluşturulan su yönetiminin kamusal amaçları ve hedefleri arasında, gelir dağılımının düzeltilmesi, istihdam imkânlarının geliştirilmesi, gıda ve enerji güvenliğinin temini, ekonomik büyümeye katkı sağlanması, sağlıklı bir çevre yaratılması ve ekosistemlerin korunması gibi amaçlar bulunmaktadır.

## **1.2. Su Kalitesi ve Kirliliği**

Dünya genelinde su kirliliği, populasyonlar için canlılığın sürdürülmesi açısından kritik bir konudur. Organik ve inorganik bileşikler dahil olmak üzere çeşitli kirleticilerin sudan uzaklaştırılması, günümüzde büyük bir sorundur. Bundan dolayı kirli su ve arıtılmasına yönelik ilgi, dünya çapında artmıştır (Din vd., 2019). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve UNICEF raporuna göre dünyadaki 900 milyon insan, güvenli ve gelişmiş modern su kaynaklarına erişememektedir. Bu nedenle suyun arıtılması, suyun insan tüketimine uygun hale getirilmesi için önemlidir (Mandal vd., 2019).

Su kirliliği, genellikle insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak su kütlelerinin (göller, nehirler, okyanusları, akiferleri ve yer altı suları) kalitesinin bozulmasıdır. Su kirliliği, suyu kullanan veya sucul organizmaların beslenmesini, üremesini, populasyon dinamiklerini olumsuz yönde etkileyen kommunité yapısını bozan, üzerinde zararlı etkiye sahip su kalitesindeki herhangi bir kimyasal, fiziksel veya biyolojik değişikliklerdir (Gökçe, 2016). Nüfus artışı ve teknolojik gelişme, su kirliliğinin temel faktörlerindedir. Su tüketiminin ve su kirliliğinin artarak devam etmesi durumunda, şiddetli bir su kıtlılığının ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır (Kumar ve Yaashikaa, 2019; Gökçe, 2019).

Teknoloji uygulamalarından, sanayi kuruluşlarından ve evlerden arıtılmadan çevreye bırakılmış olan atık sular, zirai ilaç uygulamaları sonucunda yer altı sularına karışacak olan kimyasallı sular ve nükleer enerji santrallerinden bırakılan sıcak atık sular başlıca su kirliliği nedenlerindedir (Aydın, 2013). Bu nedenlerden dolayı da kullanılabilir hazır suya ulaşabilmek gün geçtikçe zorlaşmaktadır (Firdin, 2015).

Su kirliliğinin sonucunda, su kaynaklı hastalıkların görülmesi, göl ve akarsuların ekosistem dengesinin bozulması, toprak kalitesinin bozulması ve ürün verimliliğinin azalması gibi olumsuzluklar yaşanabilir. İklim değişimine bağlı olarak giderek artan tatlısu sıcaklığının artışı, kirleticilerin etkisini daha da artırmaktadır. Etkisi son yıllarda anlaşılan kirleticilerden biri olan mikroplastiklerin tatlısu ekosistemlerine sürekli atık olarak verilmesi onu potansiyel olarak biyota için tehlikeli hale getirir. Flüoresan mikroplastiklerin (polimetil metakrilat,  $29,5\pm 26\mu\text{m}$ ) tatlısu ekosisteminde birikmesi ve çok çeşitli tatlısu omurgasızları tarafından alınması da bunu göstermektedir (Imhof vd., 2013). Her ne kadar deniz kirliliğinin nedenlerinden biri, denize dökülen tatlısu ekosistemlerinin taşıma yükünün olduğu ileri sürülse de mikroplastiklerin uzun zaman bu tatlısu habitatlarında kalmaları, birikmeleri ve daha büyük atık plastik yığımları oluşturmaları, bu ekosistemlerin de kirlendiğini göstermiştir (Imhof, vd., 2013).

### **1.3. Plastikler**

Plastikler, çevrede kullanımı ve dayanıklılığına bağlı olarak çok değişken fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olan sentetik polimer yapılardır (Hidalgo-Ruz vd. 2012). Polimerler, çok küçük kimyasal yapıların tekrarından oluşan geniş moleküllerdir ve ana iskeletini, -C-C- bağı oluşturur (Sert, 2018). Bunula birlikte



doğada birçok doğal polimer vardır; örneğin, DNA molekülü, bitkilerdeki nişasta, selüloz ve kauçuk, doğal polimerlerdir (Hoogenboom, 2019). Plastik polimerler, kolayca biçimlenebilir, elektrik ve ısıya karşı yalıtkan, darbelere karşı dayanıklı, hafif, esnek ve ekonomik olmaları gibi özelliklerinden dolayı üretimi fazladır (Hoogenboom, 2019).

Teknolojik plastik uygulamaları, 1770 yılında silgi olarak kullanılan kauçuk ile başlamıştır. Devamında, 1839 yılında doğal kauçuğun işlenmesiyle elde edilen lastik tekerlek üretilmesiyle hız kazanmıştır (Avan, 2011). Plastik polimerlerinin kullanımına, 1900'lü yıllarda birçok eşyanın yapımında başlanmıştır. 1907'de ilk olarak yapay üretilen polimerlerin 1950'den itibaren üretimi, hızlanarak artmıştır. Plastik üretimine 20.yy'da yeni bir ürün olarak başlanmış ve 2015 yılında dünya çapında bu üretim, 322 milyon tona ulaşmıştır. (Garside, 2019).

Son zamanlarda hayatın her alanında fazlasıyla kullanılan plastiklerin bu kadar etkili olması amaca bağlı olarak plastiklere bağlanan maddelerle yeni özellik kazanarak hayatımızı kolaylaştırmasıdır. Hayatımıza yön vermesini de beraberinde getirir. Plastiklere kullanım amacına bağlı olarak bazı katkı maddeleri eklenmektedir. Bu maddeler plastiklere değişik özellikler kazandırır. Plastiklerde kullanılan katkı maddeleri; kararlılık sağlayıcılar ve oksitlenmeyi önleyiciler, yağlayıcılar, dolgu ve güçlendirme maddeleri, statik elektriklenmeyi önleyiciler, plastikleştiriciler, alevlenmeyi geciktiriciler, renklendiriciler, kaydırıcılar, katalizörler, köpürtücüler olarak sayılabilir (Dolmaz, 2009). Plastik endüstrisinin tıp, kozmetik, enerji üretimi, havacılık, otomotiv, elektronik, tekstil, inşaat ve paketleme gibi birçok sektörde kullanılan ürünleri vardır. Plastik için yeni kullanımlar keşfedilmeye devam ettikçe, plastik üretiminin de istikrarlı bir şekilde artması beklenmektedir (Dolmaz, 2009).

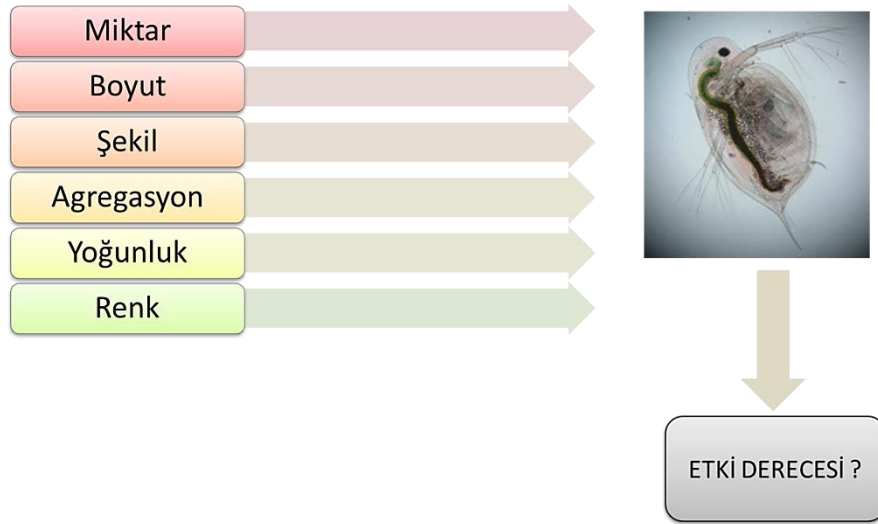
Doğada bozulmadan uzun süre kalabilen plastikler, son yıllarda daha fazla kullanılmaya başlanmış ve canlılar için daha tehlikeli hale gelmiştir (Critchell vd., 2019). Plastikler, nitelikleri ele alındığında farklı şekillerde gruplanabilir. Boyut olarak üç büyük mikroplastik (MP) sınıfında ele alınırlar: (1- < 5 mm), mezoplastik (5- <25 mm) ve makroplastik ( $\geq 25$  mm) (Dris vd., 2015; Imhof vd., 2016). MP, morfolojik olarak beş ayrı tipte olabilirler: parçacık-fragment yapısı (sert, pürüzlü kenarlı parçacıklar), mikro topraklar (sert, yuvarlak parçacıklar), lifler (lifli veya ince tek biçimli plastik iplikler), filmler (ince, boyutlu plastik filmler) ve köpük (yani, Strafor tipi malzeme) (Anderson vd., 2016). Ayrıca altı grupta ele alınabilir:

polietilen (PE), polipropilen (PP), poliamid (PA) gibi bazik tipleri, polivinil klorür (PVC), polistiren (PS), poliüretan (PUR) ve polietilen tereftalat (PET). Peters ve Bratton'a (2016) göre MP bozulmalarından meydana gelen parçacık-fragment MP, en az tüketilen MP'lerdir. Bozulmuş MP'ler ve yıpranmış polimer esaslı partiküller, 50-5000 µm arasında değişmektedir ve deniz, tatlı su ve nehir ağız ortamlarında mevcuttur (Anderson vd., 2016).

Son zamanlarda makroplastik ve özellikle mikroplastik parçacıklarının deniz ve limnetik ekosistemlerde kirliliğe neden olduğu anlaşılmıştır (Imhof vd., 2016; Jasnaa vd., 2018; Stachowitsch, 2019). Plastikler, deniz ve tatlısu ekosistemlerine doğrudan ve/veya dolaylı (rüzgar, sürüklenme, kanalizasyon gibi) yollarla girer. Boyutları çok küçük olduğu için fark edilemeyen mikroplastikler, zararlı etkileri ortaya çıktığında anlaşılır (Mintenig vd., 2017; Browne vd., 2018). Tatlısu ekosisteminde tespit edilen mikroplastikler, düşük yoğunlukta olmalarından dolayı daha çok yüzey sularında görülür ve partikül boyutları, 300 µm- 5 mm arasında değişmektedir (Eerkes-Medrano vd., 2015; Duis ve Coors, 2016; Tramoy vd., 2019).

### **1.3.1. Plastiklerin Su Ekosistemine Olan Etkileri**

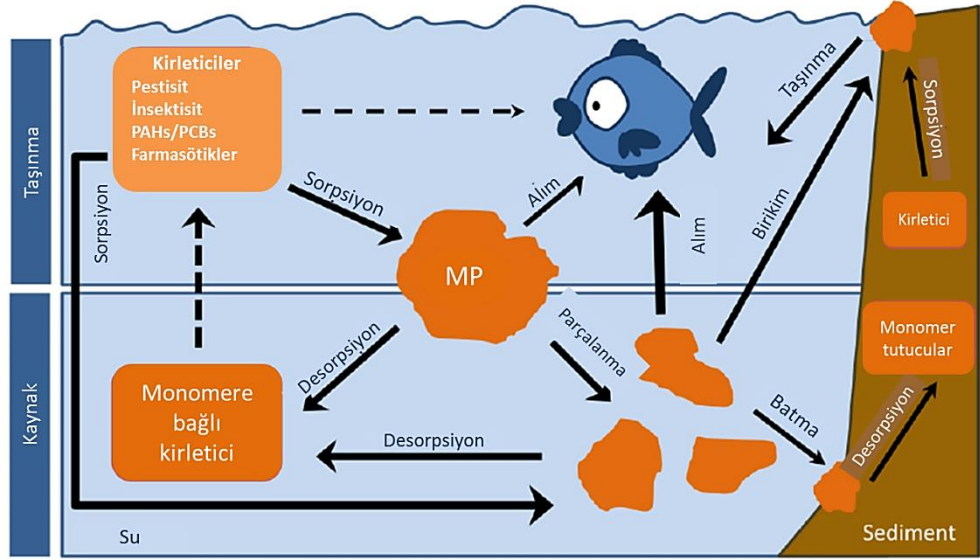
Mikroplastiklerin (MP), sucul organizmalar üzerindeki etkileri, giderek artan miktarda araştırılmaktadır. Çok sayıda organizma bu partiküllere maruz kalır ve besin zincirinde taşınmayla birlikte ekosisteme ve sonunda insanları tehdit edici boyutta zararlı olabilirler. Plastiklerin, hidrofobik yüzey, yüzücülük, kirleticileri taşıma potansiyelleri, kalıcı organik kirleticileri absorplayabilmeleri, UV foto-oksidadif parçalanma vb. gibi özelliklerinden dolayı 1 mm- 5 mm arasında boyutlara sahip olan plastik parçaları olan MP, su kaynaklarında büyük tehlike haline gelmiştir. MP, klasik atıksu arıtma tesislerinde tutulamayıp alıcı ortamlara kontrolsüzce tekrar deşarj edilmektedir. Bu yüzden MP, besin zincirinde önemli basamaklardaki, zooplankton, makro omurgasızlar, balıklar vs. gibi canlıların doku veya organlarında birikebilmektedir (Şekil 1.1) (Yurtsever, 2015; Andrade vd., 2016; Denizli ve Yavuz, 2017).



Şekil 1.1. Zooplankton tarafından mikroplastiklerin alınımını etkileyen faktörler (değiştirilerek Botterell vd., 2019)

Plastiklerin gruplandırılmasında farklı kriterler ele alınabilir: boyut, primer ve sekonder plastikler, yoğunluk (düşük ve yüksek yoğunluklu plastikler). Plastikler, bu özelliklerine göre suda askıda kalır ya da sedimentte birikir. Sucul ekosisteme verdikleri zararlı etkiler, plastiklerin sahip oldukları özelliklere göre değişmektedir. Su kütesinden ya da sedimentten beslenme yoluyla ile organizmalarda birikim göstermektedir. Canlılarda mekanik ve kimyasal olarak etkide bulunmaktadır (Wright vd., 2013; Ferreira vd., 2016). Mikroplastiklerde küçük boyutlarına göre büyük spesifik alanlarının oluşu ve hidrofobik yapıları nedeniyle organik maddelerin ve metallerin tutularak birikmelerine yol açar. Bunun sonucunda MP, organik ve metal kirliliğine de neden olurlar (Şekil 1.2).

Son yıllarda özellikle deniz biyotası artan çalışmalarda ele alınmıştır (Anderson vd., 2016). Mikropartiküllerin tatlısu organizmalarına olan etkisi ise daha az bilinmektedir (Carlos de Sa vd., 2018). Plastik atıklar, doğada çevresel koşullarda, kısa zamanda çözünmez ve biyolojik olarak bozunmazlar. Doğada çok uzun süre kalabilirler (Kılıç ve Yüce, 2014; Kalliopi ve Hrissi, 2017). Bu nedenle, deniz ve tatlısu sistemlerinde en yaygın antropojenik atık türüdür (Lusher vd., 2015; Cincinelli vd., 2017; Lavers ve Bond, 2017). Karada ve okyanuslarda çözünmelerinin ne kadar zaman alacağı gibi belirsizlikler ve mevcut zararları göz önüne alındığında çevre ve insan sağlığı üzerinde bir tehdit olmaya devam edeceklerdir (Özdemir ve Erkmen, 2013).



Şekil 1.2. Kaynak ve taşınma olarak sucul ekosistemde mikroplastiklerin sediment ve su kütlesindeki olası etkileri (değiştirilerek Klein vd., 2018).

Plastik endüstrisinin atıkları, su yüzeyinin kirlenmesinde başlıca etkenlerden biridir. Sucul ortama karışan MP, mikrobiyal toplulukların yapısını ve işlevini, fiziksel ve kimyasal olarak etkiler. Etkilenen mikrobiyal topluluklar, organik maddeyi MP'ye bağlarlar. Bu şekilde de mikroplastiklerin zararlı etkileri sucul canlılar ve daha yüksek organizmalara kadar ilerler (Arias-Andres vd., 2019). Deniz hayvanları plastik atıkların bir bölümünü besinle karıştırırlar. Deniz kuşları ve deniz hayvanlarının sindirim sisteminde plastik atıkların çıktığı görülmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

#### 1.4. Polivinil Alkol (PVA)

PVA (polivinil alkol,  $[CH_2CH(OH)]_n$ ), suda çözünebilen, biyobozunur ve sentetik bir polimerdir. Kokusuz ve zehirsiz olması, mükemmel film oluşturabilme özelliği, yüksek çekme dayanımına sahip ve esnek olması, oksijen ve aroma geçirmez olması ve kolay işlenebilmesi sayesinde PVA ilaç sektöründe, yara örtülerinde, ambalaj filmlerinde, biyomedikal uygulamalarda, kağıt kaplamalarında, lateks boyada, saç spreylerinde, şampuan ve yapıştırıcılarda inceltici ve yapıştırıcı olarak kullanılır. Pet şişelerde karbondioksit bariyeri olarak kullanılır (Çetin, 2012). PVA, ilk olarak Hermann ve Haehnel tarafından 1924 yılında potasyum hidroksit ile etanol içinde polivinil asetatın hidolizi yoluyla hazırlanmıştır (Jaffe ve Rosenblum,

1990). PVA, genellikle sürekli bir işlem yoluyla polivinil asetatından üretilmiştir (Gür, 2010).

PVA, hafif kokulu, beyaz granül yapısına sahiptir. Özgül ağırlığı 1,19-1,31 gr/dm<sup>3</sup> arasındadır. Sudaki çözünürlükleri molekül ağırlıklarıyla değişkenlik gösterebilir. Sulu çözeltisi, nötr veya hafif asidik karakterdedir. Erime noktası 200°C (392°F) dir. Camsı geçiş sıcaklığı 85°C'dir. PVA, çoğunlukla sentetik olarak üretilen, polihidroksi polimer bir reçinedir. PVA, kimyasal ve fiziksel dayanıklılığa sahiptir (Taşkın, 2008). Ticari PVA, yüksek hidroliz derecesiyle (%98'in üzerinde) elde edilebilmektedir. Hidroliz derecesi ve polimerizasyon PVA'nın çözünürlüğü üzerinde etkilidir. Molekül ağırlığı dağılımı PVA'nın kristalize olma, yapışma, mekanik dayanımını etkileyen önemli karakteristik bir özelliğidir (Yılmaz, 2007).

PVA film, sağlık ve güvenlik amacı ile zehirli, kimyasal ürünlerle temas halinden kaçınılan durumlarda tercih edilen bir ambalajlama ve paketleme yöntemidir. Kullanım alanları oldukça yaygın olduğu gibi, geliştirilmeye de açık bir üründür. Tekstil, tarım, inşaat, temizlik, deterjan ve çamaşırhane gibi birçok sektörde başarı ile suda çözünür filmi (PVA) kullanılmaktadır. Molekül ağırlığına bağlı olarak suda çözünür PVA, ambalaj sektöründe daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Suda çözünür temizlik ürünleri olan çamaşır ve bulaşık deterjanlarının paketlemesinde kullanılır. Biyoparçalanabilir ve suda çözünür olduğundan su ile temas halinde doğrudan parçalanır.

### **1.5. Polimetakrilik Asit (PMA)**

PMA (polimetakrilik asit, [C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>]<sub>n</sub>) akrilik, nitro selüloz ve poliüreten boya reçinesi vb maddeler için çözücü olarak kullanılır. Boya, mürekkep, kaplama, cila ve lake üretiminde çözücü olarak kullanılır. Poliüreten, selülozik sistemlerde yüzeyi düzenler. Çözücülüğü iyi olup, solvent uçma hızını dengeler. Kaynama noktası yüksek olduğundan kuruma geciktirici olarak da görev yapar.

### **1.6. Tez Çalışmasının Amacı**

Hayat tablosu, popülasyonun ömür uzunluğu ve ölüm nedenlerini anlamada, o popülasyonun gelecekteki büyümesini veya sayısal azalışını öngörmede ve ekosistem dinamiklerini yönetmede çok faydalıdır. Ekosistemde herhangi bir zaman aralığında karşılaşılan kimyasal veya fiziksel kirlilik, popülasyon yapılarında hayatta kalma ve üreme modelleri nedeniyle ekosistemin dengesini etkileyecektir.

Tatlısu canlıları arasında, daphnidler, çevre kirleticilerine karşı nispeten büyük bir duyarlılığa sahiptir. Birincil tüketiciler olarak, *Daphnia* sucül ekosistemlerde önemli bir rol oynamaktadır. Çevresel streslere maruz kaldıktan sonra, daphnidlerde çoğalmanın önemli derecede azalması, farklı davranış modeli ve son olarak fenoplastisite sergiler (Gökçe vd., 2018)

Suda yaşayan *Daphnia magna*, toksikoloji üzerine çalışmalar yapmak için örnek bir organizma olarak tercih edilmiştir (Xiao vd. 2015; Gong vd. 2016; Gökçe vd. 2018). *D. magna*, çevre sorunlarının bir göstergesi olarak havuzlardan göllere kadar çeşitli tatlı su ekosistemlerinin bir hassas türü olarak kabul edilir. Bu nedenle, *D. magna*, çeşitli kuruluşlar tarafından çevresel izleme için yaygın olarak kullanılmaktadır ve Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından önerilmektedir (Khoshnood vd., 2016).

Tez çalışması, diğer daphnid türlerine göre daha büyük vücutlu oluşu, laboratuvar koşullarında kolay kültüre alınışından dolayı iyi bir model canlı olan *D. magna* üzerinde yapılmıştır.

Bu çalışmada da suda çözünen MP-PVA ve MP-PMA polimerlerinin tatlısularda yaşayan, ekosistemde önemli bir halkayı oluşturan birincil tüketici canlılardan *D. magna*'ya olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca, bu tez çalışması ile populasyon yapısını belirleyen parametreler incelenerek kontaminasyona bağlı olarak ekosistem dengesinin ne yönde değiştiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Denizlerde Yapılan Çalışmalar

Derraik (2002), dünya çöprü ile ilgili çalışmasında, plastiklerin deniz çöpünün %60-80'ini oluşturduğunu saptamıştır. Bu incelemesinde kirliliğe dikkat çekerek ekolojik bilincin ancak, eğitim yoluyla artırılacağını savunmaktadır.

Topçu ve Öztürk (2010) tarafından Batı Karadeniz'de deniz tabanı çöplerinin araştırıldığı çalışmada, çöp yoğunluğunun Akdeniz'den daha yüksek olduğu gösterilmiştir.

Boerger vd. (2010), Kuzey Pasifik'te biriken deniz çöpünün büyük deniz organizmaları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada balıkların %35'inin plastik aldığı belirlenmiştir. Bu çalışma, Kuzey Pasifik'teki balıkların bağırsaklarında bulunan mikroplastik miktarını ölçen ilk çalışmadır.

Akdeniz ve Karadeniz'de seçilen istasyonlarda [(Saronikos, Patras ve Echinades Körfezleri (Yunanistan); Limassol Körfezi (Güney Kıbrıs); Köstence Koyu (Romanya)] yapılan ve deniz tabanındaki çöplerin miktar ve kompozisyonunun araştırıldığı çalışmada, elde edilen sonuçlarda en yüksek orana sahip çöp tipinin, plastik olduğu bulunmuştur (Depledge vd., 2013).

Talvitie vd. (2015). Finlandiya Kıyı Körfezi, Baltık Denizi'nde Farklı atık su arıtma ünitesi süreçlerinde mikroplastiklerin miktarını incelemiştir.

Vişne ve Bat (2015), Karadeniz'deki deniz çöplerinin mevcut durumunu ve Karadeniz'deki plastik çöp durumunu Deniz Stratejisi Çevre Direktifi kapsamında değerlendirmişlerdir. Karadeniz bölgesinde yapılan çalışmalarda görülen kirlilik durumu, deniz çöplerinin sadece okyanuslarda değil aynı zamanda kapalı denizlerde de büyük bir sorun olduğunu göstermektedir.

Anderson vd. (2016), tarafından yapılan çalışmada mikroplastiklerin deniz ve tatlısu ortamlarında giderek daha fazla tespit edildiği ve biyotaya tehlikeli boyutlarda etki edebileceği ifade edilmiştir. Çalışmalarında, Kanada'nın sucul ekosistemlerinde mikro plastiklerin mevcut durumunu özetlemiştir. Mikroplastiklerin varlığının karakterizasyonunu, bu sistemler için temel mikroplastik kaynaklarını tanımlamayı ve Arktik sularında ve biyotadaki mikro plastiklerin varlığını değerlendirmişlerdir.

Karlsson vd. (2017), Kuzey Denizi ve İsveç Batı Kıyısından toplanan biyota, sediment ve sudaki mikroplastiklerin bolluğunu araştırmışlardır. 8 omurgasız ve 1 balık (*Salmo trutta*) türünde plastik varlığı gözlenmiştir. *S. trutta* bireyelerinin % 68'inde mikroplastiklerin varlığı saptanmıştır. Kg başına plastik partikül sayısına göre Mollusca türlerinde bulunan mikroplastik konsantrasyonlarının, aynı bölgedeki sediment ve yüzey suyu örneklerine göre yaklaşık bin kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Marsic-Lucic vd. (2018), Hırvatistan'ın Vis adasındaki iki ayrı plajdan toplanan kum örneklerinde plastik ve iz metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. İncelenen örnekleme yerlerinde 3965 mL'lik bir sediment hacminde toplam 92 örnek toplanmıştır. Adsorbe olan iz metallerin ve plastiklerin, deniz hayvanları tarafından mikroplastik parçacıkların sindirim sistemi yoluyla besin zincirine girebileceğini ve deniz ürünlerinin tüketimi nedeniyle insan sağlığı için potansiyel riski oluşturacağını belirlemişlerdir.

Sa vd. (2018), sucul organizmalar üzerindeki mikroplastiklerin (MP) mevcudiyeti, etkileri ve MP alımının ekotoksikolojik sonuçlarının laboratuvar çalışmalarında MP polimer tipinin, şeklinin, boyutunun, çalışılan organizma grubunun ve bildirilen etki tipinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Mevcut verilerin analizi, 1) alan çalışmalarında yaygın olarak tespit edilmelerine rağmen, polipropilen, polyester ve poliamid parçacıklarının laboratuvar çalışmalarında yeterince temsil edilmediğini; 2) plastik liflerinin ve fragmentlerinin (800-1600 µm), alandan toplanan hayvansal organizmalarda bildirilen en yaygın MP tipleri olduğunu; 3) bugüne kadar çoğu araştırmaların balıklar üzerinde yapıldığını ifade etmişlerdir. MP konsantrasyonlarının sucul organizma üzerindeki etki mekanizmasını ve ekotoksikolojik etkilerini anlamak için detaylı çalışmalara eksik olduğunu bildirmişlerdir.

Wang vd. (2019), *Artemia parthenogenetica*' yı farklı konsantrasyonlarda 10 µm polistirene maruz bırakmışlardır. *A. parthenogenetica*' da hayatta kalma, büyüme veya gelişme üzerinde, 14 gün süren çalışma uygulanmıştır. Çalışmada bağırsak epitel hücrelerinin yapılarında plastik mikrokürecikler belirlenmiştir. Düzensiz ve az sayıda mikrovilluslar görülmüştür.



## 2.2. Tatlısularda Yapılan Çalışmalar

Luque ve Fabricius (2003), Arjantin’de bir yıl boyunca Piedra Blanca Nehri’ndeki fiziksel ve biyolojik değişimlerin planktonik ve epilitik toplulukların bollukları üzerine etkisini değerlendirmiştir.

Yurtsever (2015), mikroplastiklerin su kaynaklarını kirletici etkisini ve besin zincirinde önemli basamaklardaki, zooplankton, makro omurgasızlar, balıklar gibi canlıların doku veya organlarında birikebilmesini değerlendirmiştir.

Imhof vd. (2013), plastik atıkların deniz ekosistemi için artan bir endişe kaynağı olduğunu vurgulamışlar, tatlısu ekosistemlerinde plastik atıklarla kirlenmesi hakkında önemli miktarda bilgi eksikliği olduğunu fark etmiş tatlısu ekosistemlerinin en azından geçici olarak plastik parçacıklara depo görevi yaptığını göstermişlerdir. Plastik parçacıklarının miktarının tespiti için, tesadüfi filtreleme tekniği kullanılarak Garda Gölü’ndeki sediment örnekleri toplanmış; sonuç olarak göllerdeki mikroplastik kontaminasyonu ile kirliliğin ilişkili olarak arttığı gösterilmiştir.

Setala vd. (2014), planktonik besin ağında mikroplastiklerin sindirimi ve transferini incelemişlerdir.

Wagner vd. (2014), tatlısu ekosisteminde 5 mm’den daha küçük olan ve besin ağı boyunca yutulabilen mikroplastiklerin durumunu araştırmışlardır.

Cupi vd. (2015), *D. magna* ile gümüş, çinko oksit ve titanyum dioksit nano parçacıklarının kılavuz toksisite testinde doğal organik madde ve yaşlanmanın süspansiyon stabilitesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir.

Jemec vd. (2016), tekstil ayrışmasından ve yıkanmasından kaynaklanan mikroplastik tekstil liflerinin, giderek artan çevresel kirletici etkisiyle *D. magna* üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Imhof vd. (2016), deniz ve limnetik ekosistemlerde plastik partiküllerden çok daha küçük boyutta (1-50  $\mu\text{m}$ ) olan boya partiküllerinin toksik maddeleri göllere ve akarsulara taşıdığını kalitatif ve kantitatif analizlerle ortaya koymuşlardır. Bu küçük partiküllerin kurşun, bakır, kadmiyum gibi çok çeşitli metaller içerdiğini ve bu mikropartikülleri yutan biyotada olumsuz etkiler ortaya çıkardığını dolayısıyla boyalar ve ilişkili bileşiklerin tatlısu (subalpin Garda Gölü, İtalya) ekosistemlerinde daha önce gözden kaçan kirletici maddeler olarak işlev gördüğünü ispatlamışlardır.

Imhof vd. (2017), 2 polimer karışımının *Daphnia magna*'nın 3 klonunun morfoloji ve hayat uzunluğu gibi özelliklerine olan etkilerini incelenmiştir (Plastik karışım A, tatlı su ekosistemlerinde yaygın olarak bulunan dört polimerden oluşur: polyamid, polikarbonat, polietilen tereftalat ve polivinilklorür. Plastik karışım B: akrilonitril-burtdien-stiren terpolimer, plastikleştirilmiş polivinil klorür, polioksimetilen homopolimer ve stirenikrilonitril kopolimer'den oluşur). Sonuç olarak ölüm oranlarında artış veya morfolojik değişiklikler (en, boy, spin) kaydedilmemiş, yetişkin bireylerde üreme gözlenmemiştir.

Cui vd. (2017) tarafından polistiren nanopartiküllerinin (PS-NP, 52 nm) *Daphnia galeata*'ya olan toksisitesi test edilmiştir. 5 gün boyunca 5 mg/L PS-NP'ye maruz kalan bireylerde hayatta kalmanın ve üremenin önemli ölçüde azaldığı ve embriyoların düşük kuluçkalama oranı dahil olmak üzere anormal gelişme gösterdiği kaydedilmiştir. Araştırmacılar, floresans konfokal-mikroskopisini kullanarak, PS-NP'nin *D. galeata* vücudunun dış yüzeyinden, toraksik ve kaudal yapılarda, kuluçka kesesinde ve lipid damlacıklarında PS-NP depolanması dahil olmak üzere iç organlara transferini kaydetmişlerdir.

Ceylan (2017), aktif çamur sistemi ile çalışan bir atık su arıtma tesisinin giriş, kum tutucu çıkışı ve arıtma çıkışı bölümlerinden alınan numunelerde mikroplastiklerin varlığı incelemiştir. Yapılan çalışmalar sonucu Karaman Atık su Arıtma Tesisinin, atık sudaki mikroplastikleri % 57,51 oranında tutabildiği ve her gün yaklaşık 8415 milyon mikroplastığın alıcı ortama geçebileceği tespit edilmiştir.

Çatalbaş (2017), yaptığı çalışmasında Tuz Gölünden su ve tuz örnekleri almış; örneklerde rastlanan mikroplastiklerin tipi, şekli, büyüklüğü ve sayısını belirlemiştir. 2015-2016 tarihleri arasında alınan su ve tuz örneklerde mikroplastik liflerine rastlamıştır. Nüfus artışı, şehirleşme ve atıksu deşarjları gibi antropojenik etkiler sonucu mikroplastik kirliliğinin görüldüğünü kaydetmiştir.

Aljaibachi ve Callaghan (2018) tarafından tatlısu Cladocera'sı olan *Daphnia magna*'nın besin alımına (*Chlorella vulgaris*) 2 mm boyutundaki polistiren mikroplastığın etkisi incelenmiştir. Çalışmada 21gün boyunca *D.magna*'ya farklı konsantrasyonlarda MP ve *C. vulgaris* uygulanmıştır. Besin varlığında *D. magna*'nın alg alımı yaptığı gözlenmiştir. Bu da *D. magna*'nın seçici olarak plastik yemekten kaçındığını göstermiştir. 21 gün boyunca mikroplastığe maruz bırakılan *D.*

*magna*'nın, tüm konsantrasyonlarda yedi gün maruziyet sonrasında öldüğü kaydedilmiştir. Besin ve uygulanan mikroplastik konsantrasyonuna bağlı olarak çoğalmanın da etkilendiği görülmüştür.

Canniff ve Hoang (2018) tarafından *Daphnia magna*'nın mikroplastik alımını ve mikroplastiklerin organizmanın hayatta kalması ve çoğalması üzerindeki potansiyel etkisi çalışılmıştır. Araştırmada, *D. magna*, 25, 50 ve 100 mg/L flüoresan yeşil polietilen mikroplastiklere maruz bırakıldığında, önemli miktarda mikroplastikleri (63- 75 µm) sindirim sistemi yoluyla almıştır. Alınan parçacıkların sayısı, partikül konsantrasyonunun artması ve maruz kalma süresine bağlı artmıştır. Bununla birlikte, *D. magna*'nın bağırsakları mikroplastiklerle dolmasına rağmen hayatta kalma ve üreme üzerinde önemli bir etkinin gözlenmediği kaydedilmiştir.

Botterel vd. (2019), zooplanktonun besin ağındaki yerini ve önemi açıklamışlar; mikroplastiklerin geçiş yapabileceği trofik transfer yollarını açıklamışlardır. Mevcut literatürlerde, holo- ve meroplanktonik türler de dahil olmak üzere taksonomik olarak 28 ordoya ait 39 zooplankton türünde mikroplastik alımın kaydedildiğini ifade etmişlerdir. Botterel vd., (2019), çalışmaların çoğunluğunun laboratuvar koşullarında gerçekleştiği ve beslenme davranışları, büyüme, gelişme, üreme üzerindeki etkilerini gösteren on çalışmada (% 45) olumsuz etkileri olduğunu göstermiştir. Buna karşılık, üç çalışma (% 14) mikroplastik alımdan olumsuz bir etki olmadığını bildirmiştir. Çeşitli fiziksel ve biyolojik faktörlerin yanı sıra mikroplastiklerin boyut, şekil karakterizasyonu ile zooplanktonda yaş ve bolluk gibi faktörlerin önemli olduğu belirtilmiştir.

Jaikumar vd. (2019), primer mikroplastik (PMP) ve sekonder mikroplastiklerin (SMP) kronik etkilerini üç farklı Cladocera türüyle (*Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia dubia*) karşılaştırmalı çalışmışlardır. Uygulanan konsantrasyonlara bağlı olarak çoğalma oranlarının ele alınan üç türde azaldığını kaydetmişlerdir. Ayrıca, türlerin duyarlılığının vücut büyüklüğü ile ters olarak değiştiğini, *C. dubia*'nın en hassas tür olduğunu ve *D. magna*' en az hassas tür olduğunu görmüşlerdir. Jaikumar vd. (2019) tarafından üç model organizmaya uyguladıkları PMP ve SMP kronik toksisitesini doğrudan karşılaştıran ilk çalışmadır.

Liu vd. (2019) tarafından bir polistiren nanoplastiğin *Daphnia pulex*'deki fizyolojik değişiklikler (örneğin, hayatta kalma, büyüme ve üreme) ve stres savunma

genlerinin oksidatif stres (SOD , GST , GPx ve CAT) ve ısı şok proteinleri (HSP70 ve HSP90) ekspresyon düzeyleri üzerindeki etkileri ölçülmüştür. 48 saatlik LC<sub>50</sub> düzeyinin 76,69 mg L olduğu belirlenmiştir. 21 günlük kronik toksisite testinde konsantrasyona ve zamana ele alınarak vücut uzunluğu arasındaki ilişkiler gözlemlendi.



### 3. MATERYAL METOD

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Limnoloji Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

#### 3.1. *Daphnia magna*

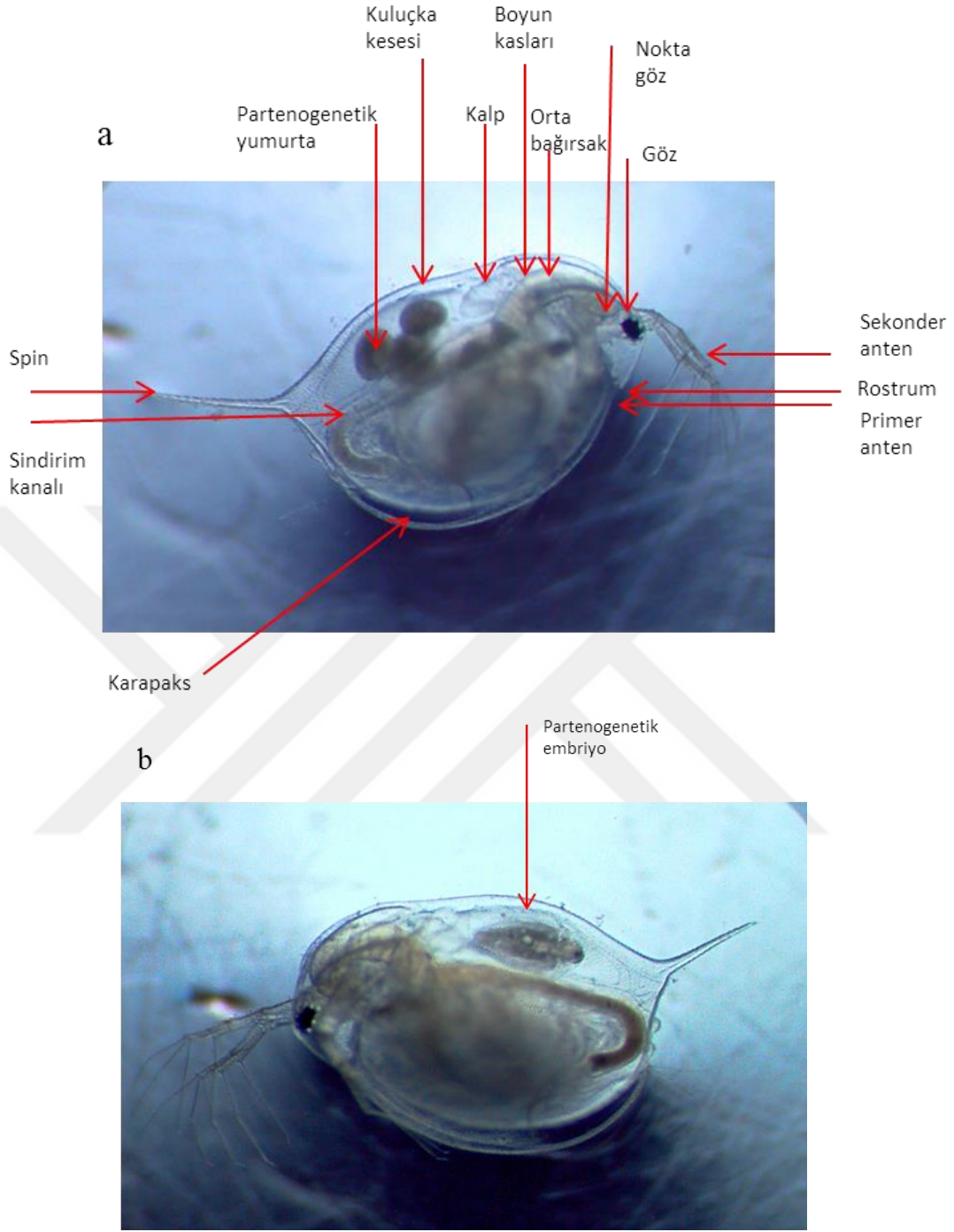
##### 3.1.1. *Daphnia magna*'nın Sistematığı

Cladocera'ya (subordo) ait canlıların yaklaşık 400 türü bulunur. Bu türlerin çoğu mikroskobik canlılardır ve büyük kısmı tatlı sularda yaşar. Diğer bir kısmı ise acı ve tuzlu göllerde, gölcüklerde ve akarsuların durgun bölgelerinde yayılış gösterir (Goldman ve Harne 1983; Myers vd. 2019).

Phylum:	Arthropoda
Subphylum:	Crustacea
Classis:	Branchiopoda
Subclassis:	Phyllopoda
Ordo:	Diplostraca
Subordo:	Cladocera
Familia:	Daphniidae
Genus:	<i>Daphnia</i>
Species:	<i>Daphnia magna</i> (Straus, 1820)

##### 3.1.2. *Daphnia magna*'nın Özellikleri

Su piresi *Daphnia magna*, küçük bir planktonik Cladocera'dır. *D. magna*, çevresel strese ve çevresel değişimlere karşı duyarlı olduğundan ekotoksikoloji için model bir tür olarak kullanılmıştır (Lee vd., 2019; Şekil 3.1.). Saydam gözlenebilir bir gövdeye sahip olmaları, kısa yaşam döngüsü ve hızlı üreme potansiyeli gibi benzersiz özellikleriyle önemli ekotiplerdir (Constantinou vd., 2019).



Şekil 3.1. *D. magna*'da vücut kısımları a. Kronik uygulama, 2.5 mg/L MP-PVA, 19. gün (büyütme, 25X); b. Kronik uygulama, MP-PMA kontrol grubu, 15. gün (büyütme, 20X) (Fotoğraf: Merve Duygu Şeftalicioğlu).

*Daphnia*, Cladocera alttakımına ait dünyada yaklaşık 400 türden biridir (Benzie, 2005; Segers ve Martens, 2005; Myers vd. 2019 ). Bu alttakımın Türkiye'

de bulunan 93 türünden 14'ü *Daphnia* cinsine aittir. (Ustaoğlu, 2004; Yalım ve Çıplak, 2005).

*D. magna*, tatlısulara (göller, rezervuarlar, nehirler havuzlar) yaşayan sucul bir organizmadır. Besin zincirinde hem birincil tüketici olmaları hem de kendinden yüksek organizasyonlu canlılara uygun besin kaynağı olmalarından dolayı önemli konumdadırlar (Carpenter ve Kitchell, 1993). Ayrıca, *Daphnia* bireyleri tatlısulara ötrofikasyonu sağlayan bakteri ve protozoanlarla beslenerek suyun berraklığına ve temizliğine katkı sağlamaktadır. Bu besin şekli, biyokütleyi ve mikrobiyal komüniteyi dengede tutmasını sağlar (Langenheder ve Jürgen, 2001; Miner vd., 2014).

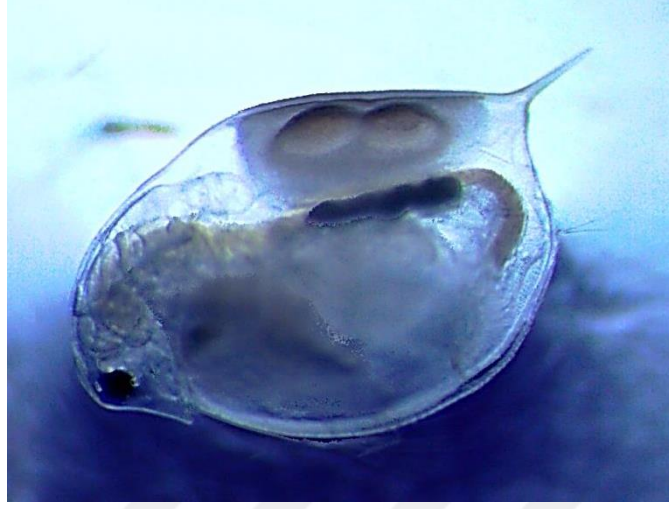
*D. magna*'nın boyutu genelde 0,2-3 mm arasındadır. Bünyesinde temel yağ asitleri ve proteini yüksek oranda içerir. Kuru ağırlığının yaklaşık %50'sini protein oluşturur. Bu özellikleri nedeniyle balıklar ve sucul canlılar için önemli besin kaynağıdır (Akyıldız, 1992; Cirik ve Gökpinar, 1999; Alpbaz, 1993).

Normal koşullarda partenogenezele üreyen *D. magna*, kısa sürede yumurtlama özelliğine sahiptir. Mitoz ile bölünerek kendi klon yavrularını meydana getirirler. Optimum koşullarda yaşamları boyunca yaklaşık 25 kez yumurtlayabilirler. (Cirik ve Gökpinar, 2008; Miner vd., 2014). Partenogenetik üreme ile yaz yumurtalarını ya da amiktik (subitan) yumurtaları meydana getirirler. Yaz yumurtaları ince kabukludur ve ana bireyin kuluçka kesesinde gelişimleri çok hızlıdır. Ana bireyin kabuk değiştirmesinden hemen önce yüzerek kuluçka kesesinden ayrılırlar. Bir haftada yaklaşık 4-5 kez kabuk değiştirerek ergin hale gelirler (Lavens ve Sorgeloos, 1996).

Uygun olmayan koşullarda partenogenetik yumurta üretimi azalmaktadır (Hülsman, 2001; Rose vd., 2002; Abrantes ve Gonçalves, 2003). *D. magna*'lar, kuraklık ya da düşük sıcaklık, besin azlığı, kısa ya da uzun fotoperiyot, yüksek populasyon yoğunluğu ve rekabet gibi olumsuz koşullarda da nesillerinin devamlılığını sağlamak için kış yumurtalarını oluştururlar. Kış yumurtaları, dormant (latent) yumurta olarak adlandırılır. Yaz yumurtalarına göre daha koyu renkli ve kalındır. Bu yumurtalar, ortamdaki erkek bireylerin dişi bireylerle çiftleşerek eşeyli üreme gerçekleştirmesiyle meydana gelir ve kuluçka kesesi içerisinde dişi bireyin karapaksıyla oluşturulan efipiyum (kistik kese) içerisinde yer alır (Şekil 3.2).

Efipiyumun koyu dış duvara sahip olması, burada melanin pigmentinin birikmesinden kaynaklanmaktadır.

a



b



Şekil 3.2. *D. magna*'da efipiyum oluşumu (Fotoğraf: Merve Duygu Şeftalicioğlu).

Çevresel stres ortamlarına karşı dayanıklı olan efipiyum içindeki yumurtalar, olumsuz koşullar ortadan kalkana kadar olan dinlenme süresinin (diapoz) ardından gelişimlerine devam eder ve dişi bireyleri oluştururlar (Crispim vd., 2003; Caceres ve Tessier, 2004).

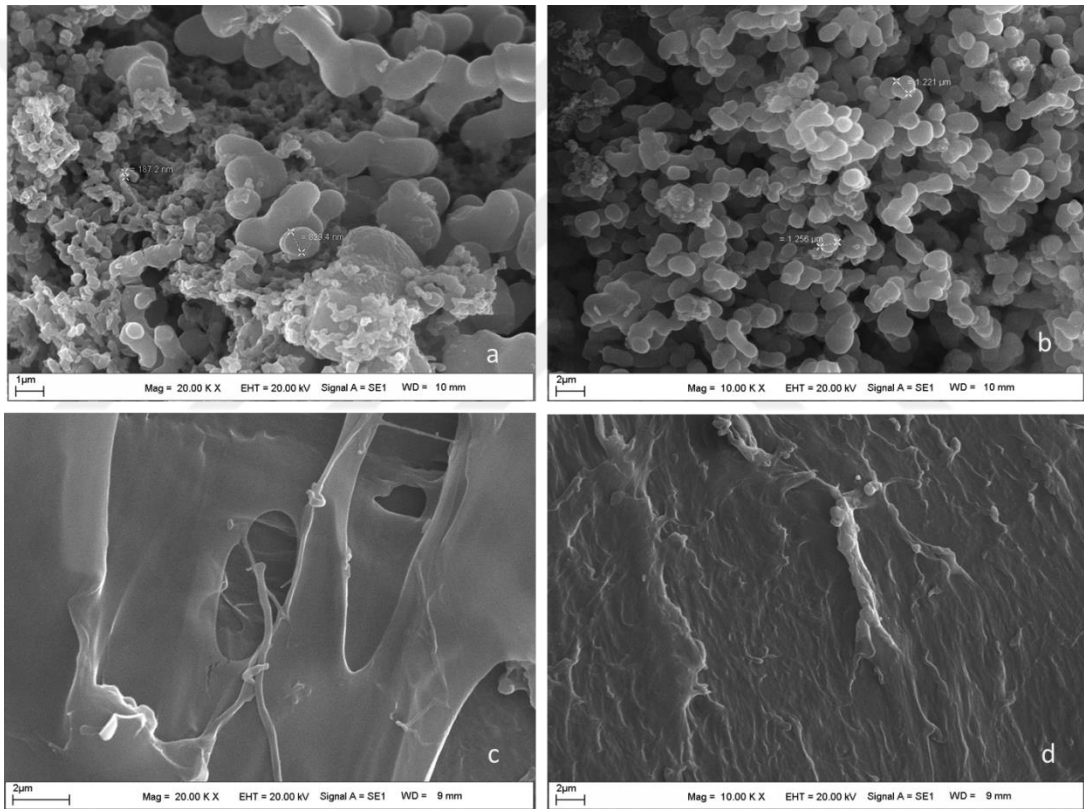


### 3.2. Çalışmada Kullanılan Mikroplastikler (PVA ve PMA)

Tez çalışmasında kullanılan mikroplastik PVA (MP-PVA) ve mikroplastik PMA (MP-PMA), İnönü Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Fizikokimya Araştırma Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir.

#### 3.2.1. MP-PVA ve MP-PMA Özellikleri

MP-PVA'nın molekül ağırlığı 10000 g/mol; MP-PMA'nın molekül ağırlığı ise 120000 g/mol olarak kaydedilmiştir. Düşük ve yüksek yoğunluklu bu iki suda çözünebilir mikroplastik polimerlerine ait SEM görüntüleri Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.3. MP-PMA ve MP-PVA partiküllerinin a) MP-PMA (büyütme: 20.000x), b) MP-PMA (büyütme: 10.000x) SEM görüntüleri; c) MP-PVA (büyütme: 20.000x), d) MP-PVA (büyütme: 10.000x) SEM görüntüleri (Foto :İnönü Üniversitesi İBTAM, SEM-EDX Laboratuvarı).

### 3.3. Laboratuvar Ortamı

Kültüre alınan *D. magna*, İnönü Üniversitesi Biyoloji Bölümü Plankton Laboratuvarı'nda akvaryumlarda çoğaltılmıştır. *D. magna* kültürünün yapıldığı laboratuvar sıcaklığı  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'dir. Fotoperiyod koşulları 16:8 saat aydınlık ve karanlık olarak ayarlanmıştır (Şekil 3.4) (Goulden vd., 1982). *D. magna* kültürleri, her gün ticari *Saccharomyces cerevisiae* mayası ile beslenmiştir (Michels ve Mesters, 1998; Bouchnak ve Steinberg, 2010). Kültür ortamlarının oksijenlenmesi, hava motoru ile sağlanmıştır, pH, 8- 8,2 aralığında ölçülmüştür. (Gökçe vd., 2018).



Şekil 3.4. İnönü Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Plankton Kültür Laboratuvarı (Fotoğraf: Doç.Dr. Didem Gökçe).

### 3.4. Deney Yöntemi

#### 3.4.1. Deney Çözeltilerinin Hazırlanması

PVA (Polivinil Alkol) ve PMA (Polimetakrilik Asit) Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü Fizikokimya Laboratuvarından temin edilmiştir. MP-PVA ve MP-PMA deneylerinde kronik ve akut uygulama için kullanılan konsantrasyonlar, ön deneyler yapılarak bulunmuştur (Çizelge 3.1)

Çizelge 3.1. MP-PVA ve MP-PMA konsantrasyonları

Uygulama	Mikroplastik	Konsantrasyon (mg/L)	Besin
Akut (96 sa)	PVA	Kontrol; 25; 50; 75; 100; 125	-
	PMA	Kontrol; 25; 50; 75; 100; 125; 150	-
Kronik (21 gün)	PVA	Kontrol; 2,5; 5; 10; 25 ve 50	+
	PMA	Kontrol; 1; 5; 10; 15 ve 30	+

### 3.4.2. Deneyin Yapılışı

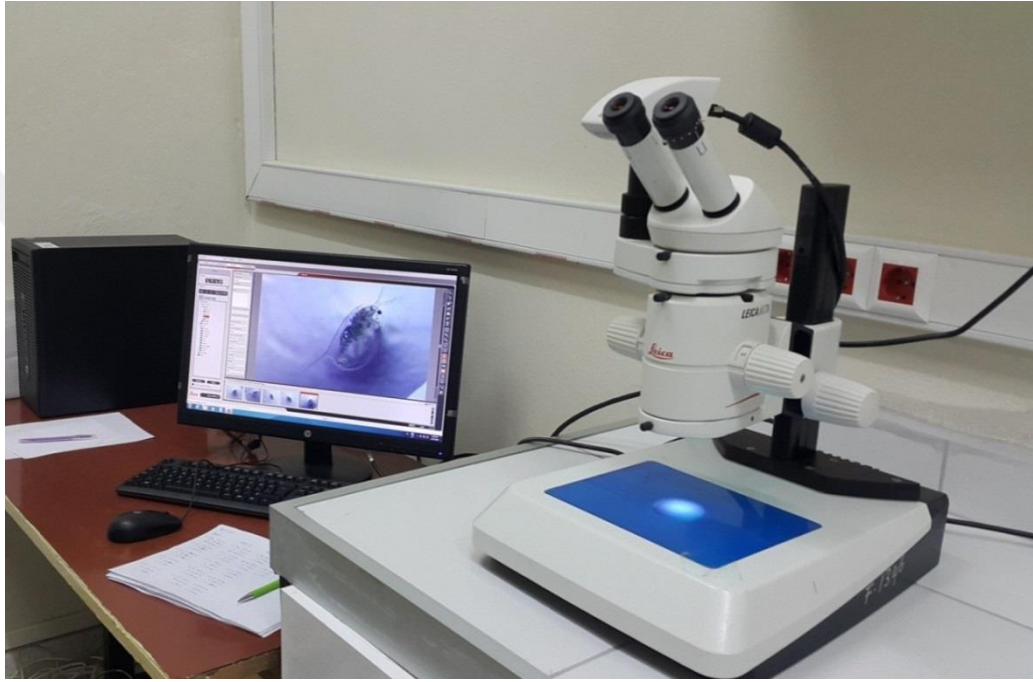
*D. magna* kültüründe, yumurtalı bireyler seçilerek ayrı bir akvaryuma alınmış; yumurtadan çıkan neonatlar (< 24 saat) toplanarak deneye başlanmıştır.

Çalışmada mikroplastik olarak PVA (polivinil alkol) ve PMA(polimetakrilik asit) kullanılmıştır. İki ayrı deney seti olarak yürütülen PVA ve PMA kronik (21 gün) uygulamalarında *D. magna* kültürleri, farklı mikroplastik konsantrasyonlarına maruz bırakılmıştır. MP-PVA uygulamasında 6 ayrı konsantrasyon grubu oluşturulmuş (Çizelge 3.1); her gruba 5 birey alınmış; toplam 30 birey *D. magna* ile deneye başlanmıştır. MP-PMA uygulaması için 6 ayrı konsantrasyon grubu oluşturulmuş; her gruba 5 birey alınmış; toplam 30 birey *D. magna* ile deneye başlanmıştır. Bu deneyler birbirinden bağımsız olarak üç tekrarlı yapılmıştır; toplam 180 bireyle çalışılmıştır. Deney süresince her gün taze hazırlanmış test solüsyonu (50 ml) kullanılmıştır. Hazırlanan besinler, 25 µg/L olarak her konsantrasyon grubuna günlük olarak verilmiştir.

PVA ve PMA akut (96 sa) uygulamalarında ise *D. magna* kültürleri, iki ayrı deney seti olarak yürütülmüş ve farklı mikroplastik konsantrasyonlarına maruz bırakılmıştır. MP-PVA akut uygulamasında 6 ayrı konsantrasyon grubu oluşturulmuş (Çizelge 3.1); her gruba 5 birey alınmış; toplam 30 birey *D. magna* ile deneye başlanmıştır. MP-PMA akut uygulaması için 7 ayrı konsantrasyon grubu oluşturulmuş; her gruba 5 birey alınmış; toplam 35 birey *D. magna* ile deneye başlanmıştır ve birbirinden bağımsız olarak üç tekrarlı yapılmış; toplam 195 bireyle

çalışılmıştır. Deney süresince her gün taze hazırlanmış test solüsyonu (50 ml) kullanılmıştır. Akut deney süresince *D. magna* bireyleri, beslenmemiştir.

Kronik (21 gün) ve akut (96 saat) deneylerinde her gün, kontrol grubu ve farklı PVA ve PMA'ya maruz kalmış bireylerin stereomikroskop (Leica MZ7.5) ile görüntüleri (Leica kamera DFC295) ve morfolojik ölçümleri (en, boy ve spin) alınmıştır (Leica Application Suite-LAS version 4.5. görüntüleme sistemi) (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. *D. magna*'nın morfolojik incelenmesi, kronik uygulama, 10 mg/L MP-PMA, 14. gün (büyütme, 20X; İnönü Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Limnoloji Araştırma Laboratuvarı; Fotoğraf: Doç.Dr. Didem Gökçe).

### 3.4.3. *D. magna* hayat tablosu ve populasyon büyüklüğü parametreleri

Canlılarda ölüm yaşa bağlı olarak arttığı için değişik yaşam aralığındaki ömür uzunluğu ve ölüm oranlarını hesaplamak, o populasyonun gelecekteki büyüklüğünü göstermede önemlidir.

Kronik ve akut deneyler yapılarak PVA ve PMA uygulanan *D.magna*'ya ait her bir bireyin morfolojik ölçümleri (boy, en, spin) alınmıştır. Ayrıca deney boyunca bireylerde meydana gelen yumurta oluşumu, neonat oluşumu, ölen ve yaşayan birey

sayıları da gözlemlenip, kaydedilmiştir. Ömür uzunluğu, toplam projeni, net artış hızı ve populasyon büyüme hızı hesaplanmıştır.

Hayat Tablosu parametreleri (Begon ve Mortimer, 1986; Krebs, 1999) :

$x$ = yaş aralığı

$w$ = maksimum yaş grubu

$n_x$ =  $x$  yaşından itibaren yaşayan canlıların sayısı

$l_x$ =  $x$  yaşından itibaren yaşayan canlı birey sayısını yüzdesi

$m_x$ =  $x$  yaşındaki çoğalan dişi birey sayısının oranı

### Ömür uzunluğu

Birey sayısının, başlangıçtaki toplam birey sayısına oranı, ömür uzunluğunu ifade eder.

$$l_x = \frac{n_x}{n_0}$$

### Toplam projeni

Neonat sayısının, birey sayısına oranı, progeniyi ( $m_x$ ) vermektedir.

### Net artış hızı

Net üreme oranı ( $R_0$ ), kuşak başına her dişinin verdiği yavru sayısıdır. Populasyon artış durumunu yansıtır:  $R_0 > 1$  artış;  $R_0 < 1$  azalış.

$$R_0 = \sum_{x=0}^w l_x m_x$$

### Populasyon büyüme hızı

Populasyon büyüme hızı, dişi birey ve ortama bırakılan yavru sayısı ile ilişkili olarak artış gösterir.

$$G = \sum_{x=0}^w x l_x m_x$$

## 3.5. İstatistiksel Analiz

*D. magna* bireylerinin MP-PVA ve MP-PMA'nın farklı konsantrasyonlarına akut ve kronik olarak maruz bırakıldığı bu çalışmada, median letal konsantrasyon,

LC<sub>50</sub> değerleri hesaplanmıştır. Probit öçeğinde LC<sub>50</sub> sonuğları, %95 güven aralığında Probit analizi ile hesaplanmıştır (Finney, 1971).

Üç ya da daha fazla bağımsız normal dağılımlı grubun karşılaştırılması için One Way Anova (ANalysis Of VAriance) testi uygulanmıştır. İki farklı mikroplastieğin farklı konsatrasyon gruplarının *D. magna* morfolometrik yapısı (boy, en ve spin) ne ölçüde etkilediğini karşılaştırmak amacıyla Welch analizi ile test edilmiş ve Tamhane testi ile çoklu karşılaştırmalar yapılmıştır (Sparks, 1963; Stoline 1981; Lee ve Lee, 2018). % 95 güvenle grupların ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın bulunduğu analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde SPSS (versiyon 15.0) paket program kullanılmıştır.



## 4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında MP-PVA (polivinil alkol) ve MP-PMA (polimetakrilik asit) polimerlerinin *D. magna* üzerindeki akut ve kronik etkileri araştırılmıştır.

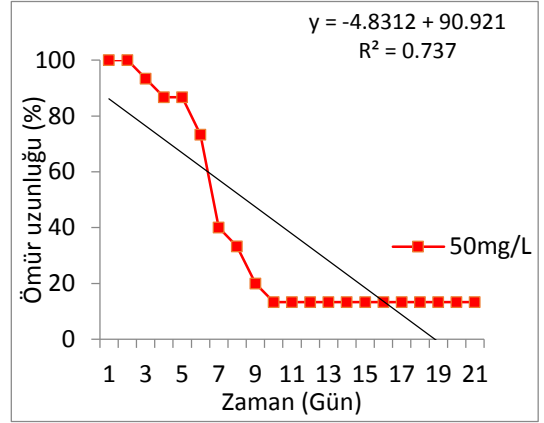
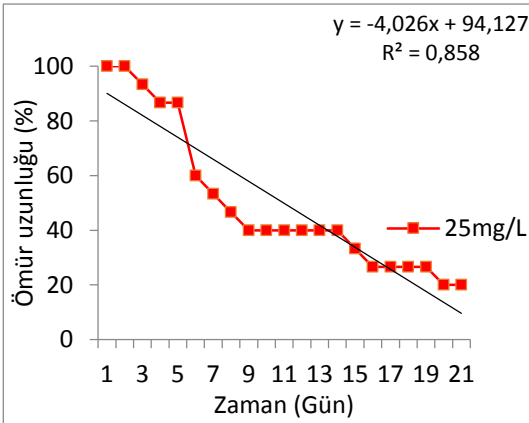
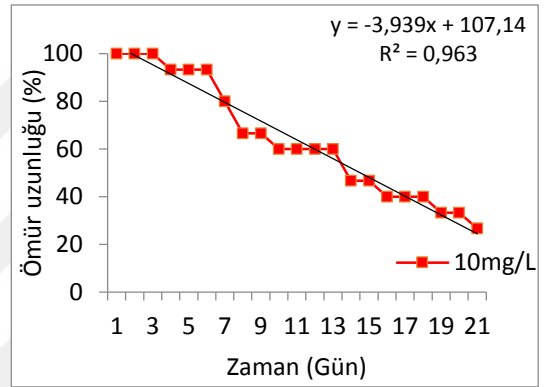
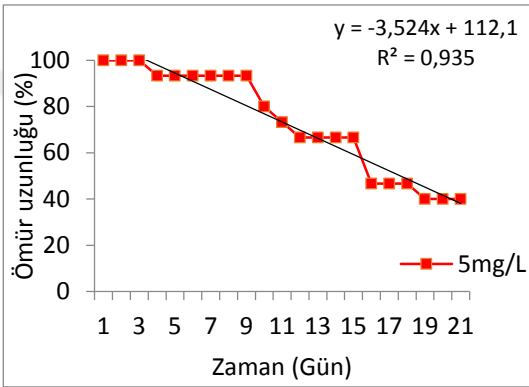
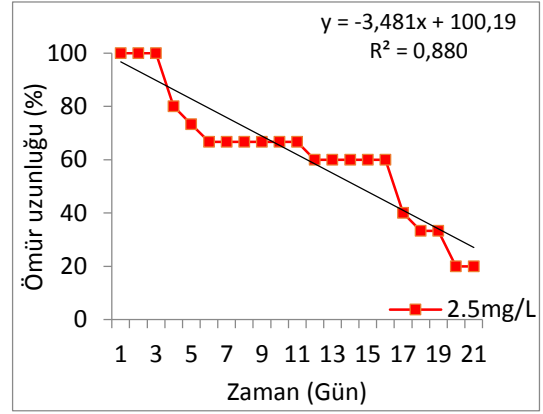
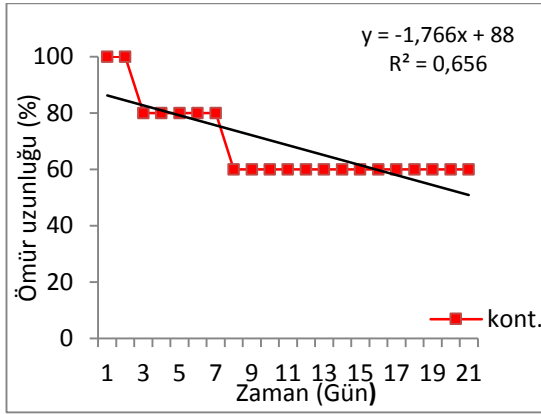
Yapılan MP-PVA ve MP-PMA deneyleri sonucunda, yaşayan birey sayısı, yeni çıkan neonat sayıları ele alınarak ömür uzunluğu, popülasyon büyüme hızı, net artış hızı ve toplam progeni hesaplanmıştır. Ayrıca farklı konsantrasyon gruplarında morfolometrik (boy, genişlik ve spin) veriler değerlendirilmiştir. Her iki mikroplastik uygulaması, üç tekrarlı olarak yapılmış; sonuçlar istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

### 4.1. Kronik MP-PVA Uygulaması

#### 4.1.1. Ömür Uzunluğu

Kronik olarak uygulanan bu deneyde, kontrol grubunun 21 günlük sürede ömür uzunluğu, % 60 olarak bulunmuştur ( $R^2= 0,656$ ; Şekil 4.1). 2,5 mg/L konsantrasyon grubunda, % 20 olarak kaydedilmiştir ( $R^2= 0,880$ ). 5 mg/L MP-PVA uygulanan grupta ise kontrol hariç diğer konsantrasyon gruplarına göre ömür uzunluğu daha yüksek oranda gözlenmiştir (%40;  $R^2= 0,935$ ). 10 mg/L MP-PVA uygulanan grupta, %26,6 ( $R^2= 0,963$ ), 25 mg/L MP-PVA uygulanan grupta, %20 ( $R^2= 0,858$ ), 50 mg/L MP-PVA uygulanan grupta ise hayatta kalma süreleri 10 mg/L grubunun yarısı kadar görülmüştür. (%13,3;  $R^2= 0,737$ ).

Uygulanan konsantrasyonlara göre  $LC_{50}$  değeri, 24,396 mg/L olarak hesaplanmıştır; üç tekrarlı uygulamada birbirinden bağımsız olarak saptanmış ve ortalama değeri verilmiştir ( $p < 0,05$ ).

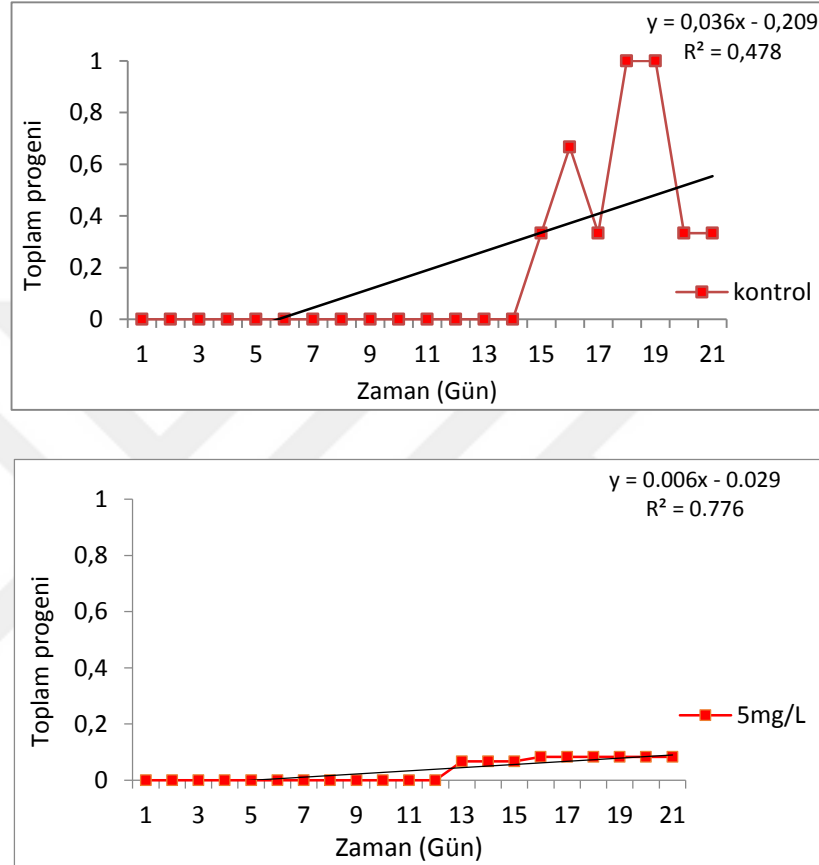


Şekil 4.1. Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlarına maruz kalan *D. magna*'nın ömür uzunluğu



#### 4.1.2. Toplam Progeni

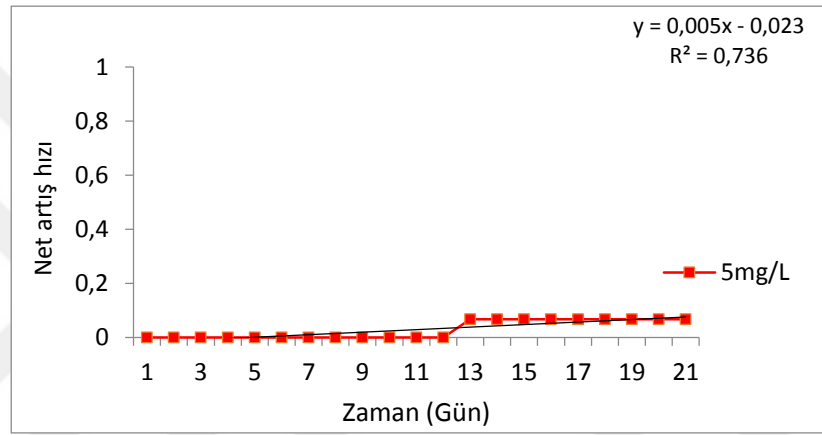
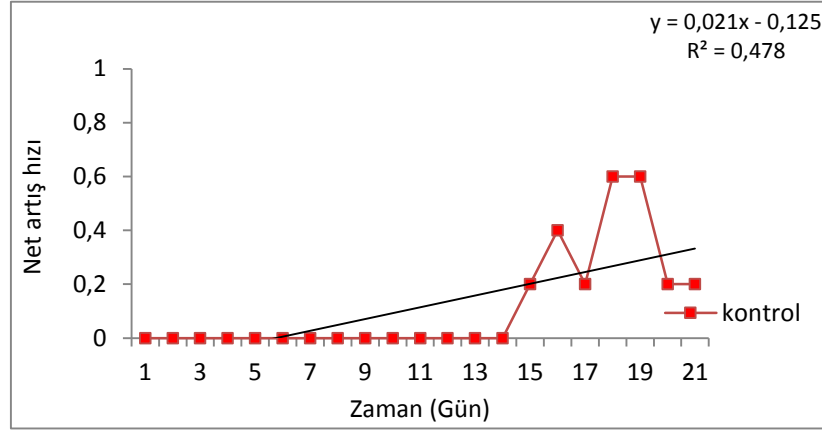
Kontrol ve 5mg/L konsantrasyon grubu hariç, diğer uygulama gruplarında neonat meydana gelmediği için toplam progeni bu gruplarda hesaplanamamıştır. Kontrol grubunda 0,333 ( $R^2 = 0,478$ ) ve 5 mg/L konsantrasyon grubunda ise 0,083 ( $R^2 = 0,776$ ) olarak toplam progeni, Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki toplam progeni

#### 4.1.3. Net Artış (Reprodüktif) Hızı

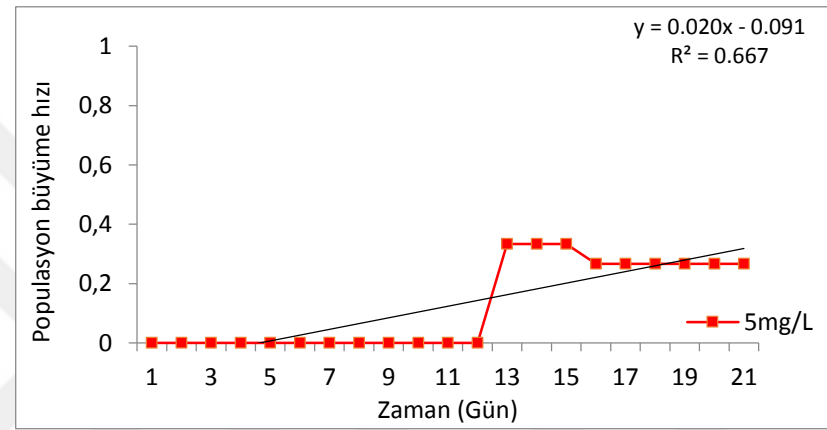
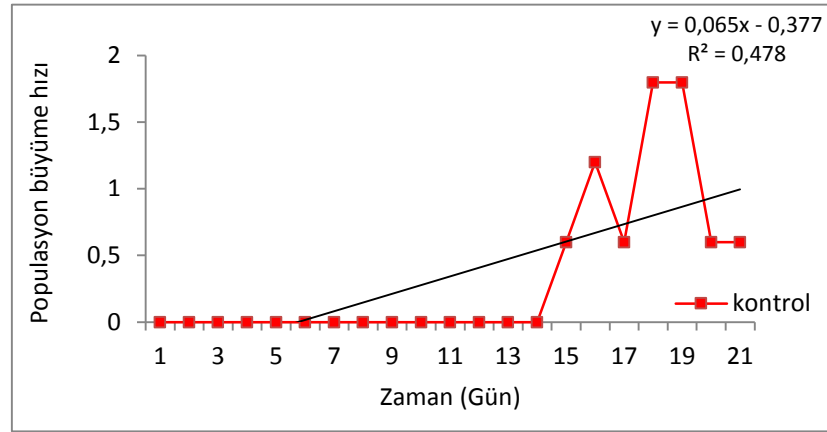
Toplam progeniye bağlı olarak kontrol ve 5 mg/L konsantrasyon grubunda net artış hızı hesaplanmıştır. Kontrol grubunda  $R_0 = 0,2$  ( $R^2 = 0,478$ ) ve 5 mg/L konsantrasyon grubunda  $R_0 = 0,06$  olarak net artış hızı bulunmuştur ( $R^2 = 0,736$ ; Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki populasyon net artış hızı

#### 4.1.4. Populasyon Büyüme Hızı

Populasyon büyüme hızı kontrol ve 5 mg/L MP-PVA uygulanan gruplar hariç diğer gruplarda gözlenmemiştir. Kontrol grubunda populasyon büyüme hızı 0,6 ( $R^2 = 0,478$ ); 5 mg/L konsantrasyondaki populasyon büyüme hızı ise 0,26 ( $R^2 = 0,667$ ) olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4).

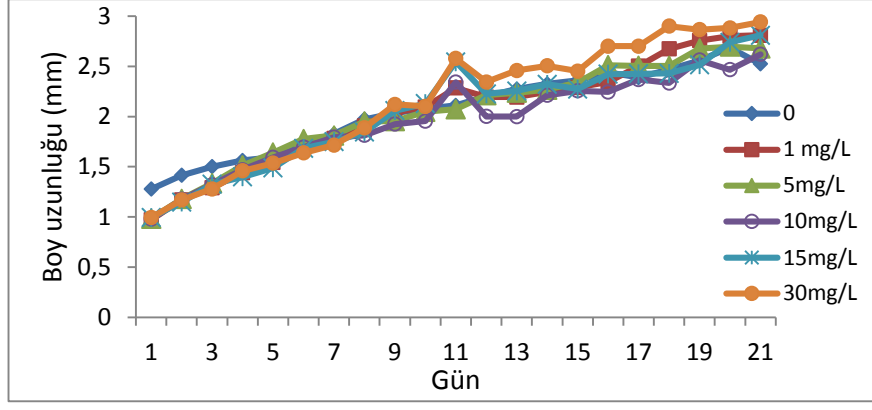


Şekil 4.4. Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki populasyon büyüme hızı

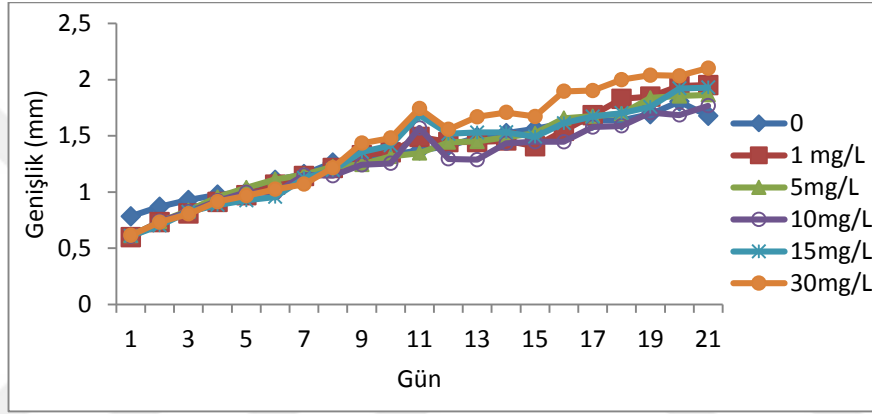
#### 4.1.5. Morfometrik Veriler

MP-PVA kronik uygulamasında, üç tekrarlı yapılan deneylerin morfometrik (boy, en ve spin) ölçümlerinin, 21 günlük ortalamaları değerlendirilmiştir. Kronik MP-PVA deneyinde morfometrik sonuçlara bakıldığında genel olarak boy uzunluğu ve vücut genişliği ilk günden son güne kadar artmış ve büyük farkla büyüme gözlenmiştir. (Şekil 4.5- 4.7) Spin uzunluğunda ise ilk 8. ve 10. güne kadar uzama görülmüş daha sonraki günlerde ise deformasyonlara bağlı (kırılma, kıvrılma, kopma) kısalmalar meydana gelmiştir.

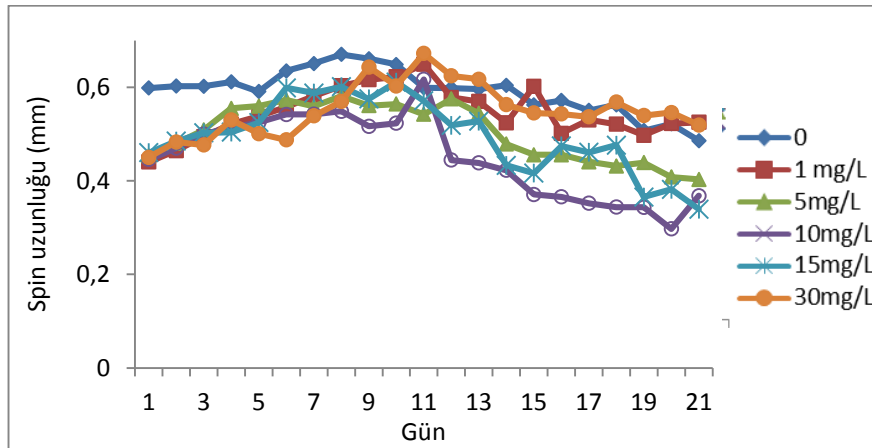
Konsantrasyon farklılığına göre morfometrik değişimler incelendiğinde, kontrol grubundan itibaren giderek boy, genişlik ve spin uzunluğunda küçülmenin olduğu kaydedilmiştir (Çizelge 4.1). MP-PVA kronik uygulamasında, farklı konsantrasyonlardaki *D. magna* bireylerinin morfolojik özellikleri, ANOVA testi ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.1).



Şekil 4.5. Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D.magna* bireylerinin ortalama boy uzunluğu (mm)



Şekil 4.6. Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D.magna* bireylerinin ortalama genişliği (mm).



Şekil 4.7. Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D.magna* bireylerinin ortalama spin uzunluğu (mm)

Vücut uzunluğuna bakıldığında; kontrol, 2,5 mg/L ve 5 mg/L konsantrasyon grupları ile 50 mg/L konsantrasyon grubu arasında farklılık bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Kontrol, 2,5 mg/L ve 5 mg/L vücut uzunluğu ortalamaları sırasıyla 1,445 mm, 1,367 mm ve 1,391 mm; 50 mg/L'de 1.154 mm olarak kaydedilmiştir. Vücut genişliği ortalamalarında da kontrol ve 5 mg/L'de (0,930 mm ve 0,892 mm) 50 mg/L (0,741 mm) konsantrasyon grubuna göre farklılık bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Spin ortalamalarında ise ANOVA testi ile kontrol grubunun ortalamaları (0,458 mm) ve diğer grupların ortalamaları arasında (2,5 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L) %95 güven aralığında farklılığın olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Kronik MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlarda *D. magna*'nın morfolojik farklılıkları, One-way ANOVA ile test edilmiştir ( $p < 0,05$ ; SD: standart sapma; harfler ilgili konsantrasyon grubunu simgelemektedir).

MP-PVA						
Konsant. (mg/L)	Vücut Uzunluğu (mm)		Vücut Genişliği (mm)		Spin (mm)	
	Ortalama	±SD	Ortalama	±SD	Ortalama	±SD
0 <sup>a</sup>	1.445 <sup>f</sup>	0.343	0.930 <sup>f</sup>	0.245	0.458 <sup>b,c,d,e,f</sup>	0.092
2.5 <sup>b</sup>	1.367 <sup>f</sup>	0.385	0.878	0.271	0.405 <sup>a,d</sup>	0.081
5 <sup>c</sup>	1.391 <sup>f</sup>	0.361	0.892 <sup>f</sup>	0.250	0.384 <sup>a,d</sup>	0.096
10 <sup>d</sup>	1.266	0.297	0.804	0.205	0.355 <sup>a,b,c</sup>	0.074
25 <sup>e</sup>	1.179	0.257	0.753	0.189	0.371 <sup>a</sup>	0.088
50 <sup>f</sup>	1.154 <sup>a,b,c</sup>	0.282	0.741 <sup>a,b</sup>	0.199	0.368 <sup>a</sup>	0.073

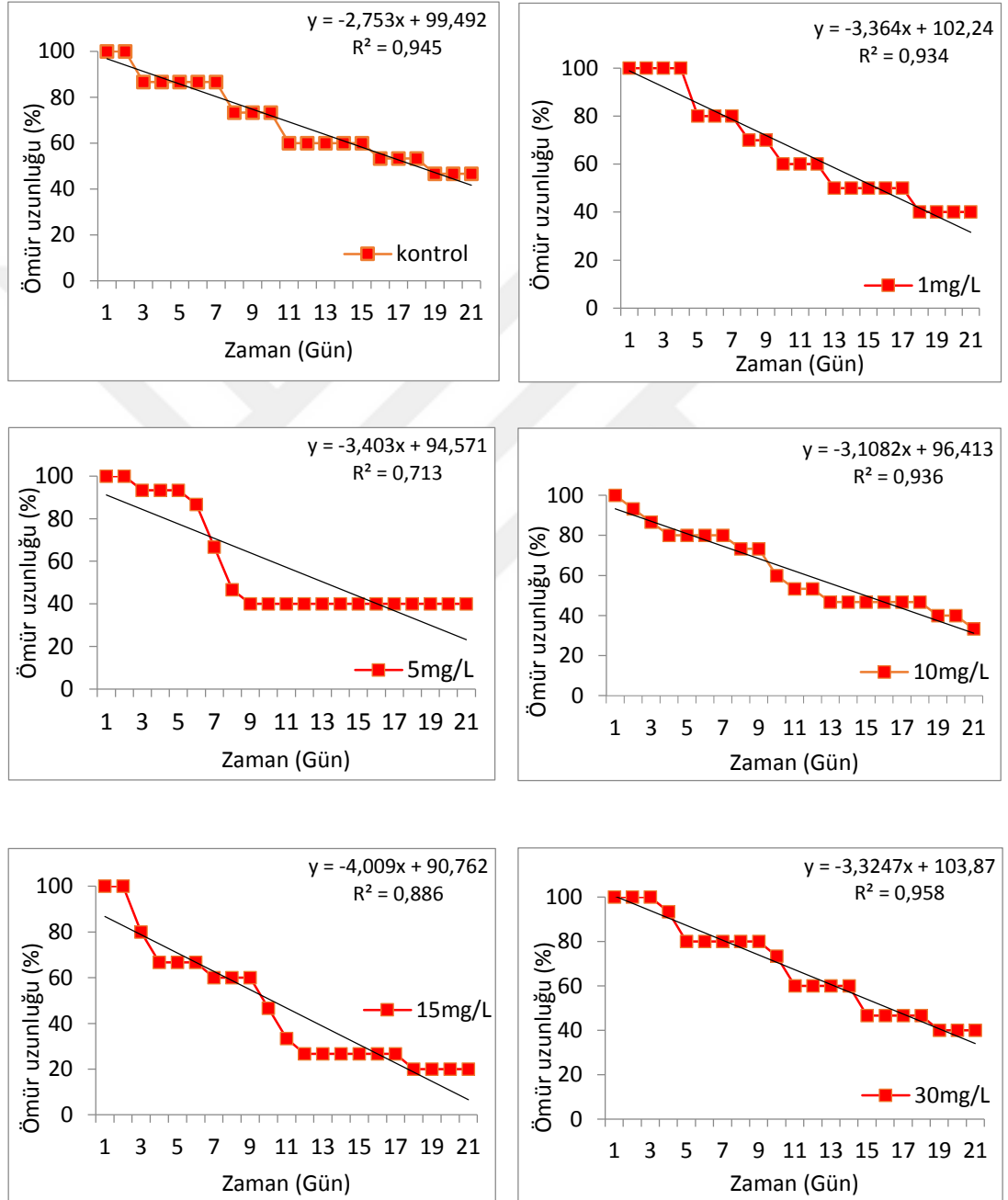
## 4.2. Kronik MP-PMA Uygulaması

### 4.2.1. Ömür uzunluğu

Kontrol grubunun ömür uzunluğu %46,6 olarak gözlenmiştir ( $R^2 = 0,945$ ; Şekil 4.8). 21 gün boyunca MP-PMA uygulanan çalışmada 1 mg/L, 5 mg/L ve 30 mg/L farklı konsantrasyon gruplarındaki ömür uzunlukları %40 olarak hesaplanmış ( $R^2 = 0,934$ ;  $R^2 = 0,713$ ;  $R^2 = 0,958$ ), 15 mg/L konsantrasyon grubunda ise bunun

yarısı %20 ( $R^2 = 0,886$ ) bulunmuştur. 10 mg/L konsantrasyon grubundaki ömür uzunluğu, %33,3 ( $R^2 = 0,936$ ) olarak hesaplanmıştır.

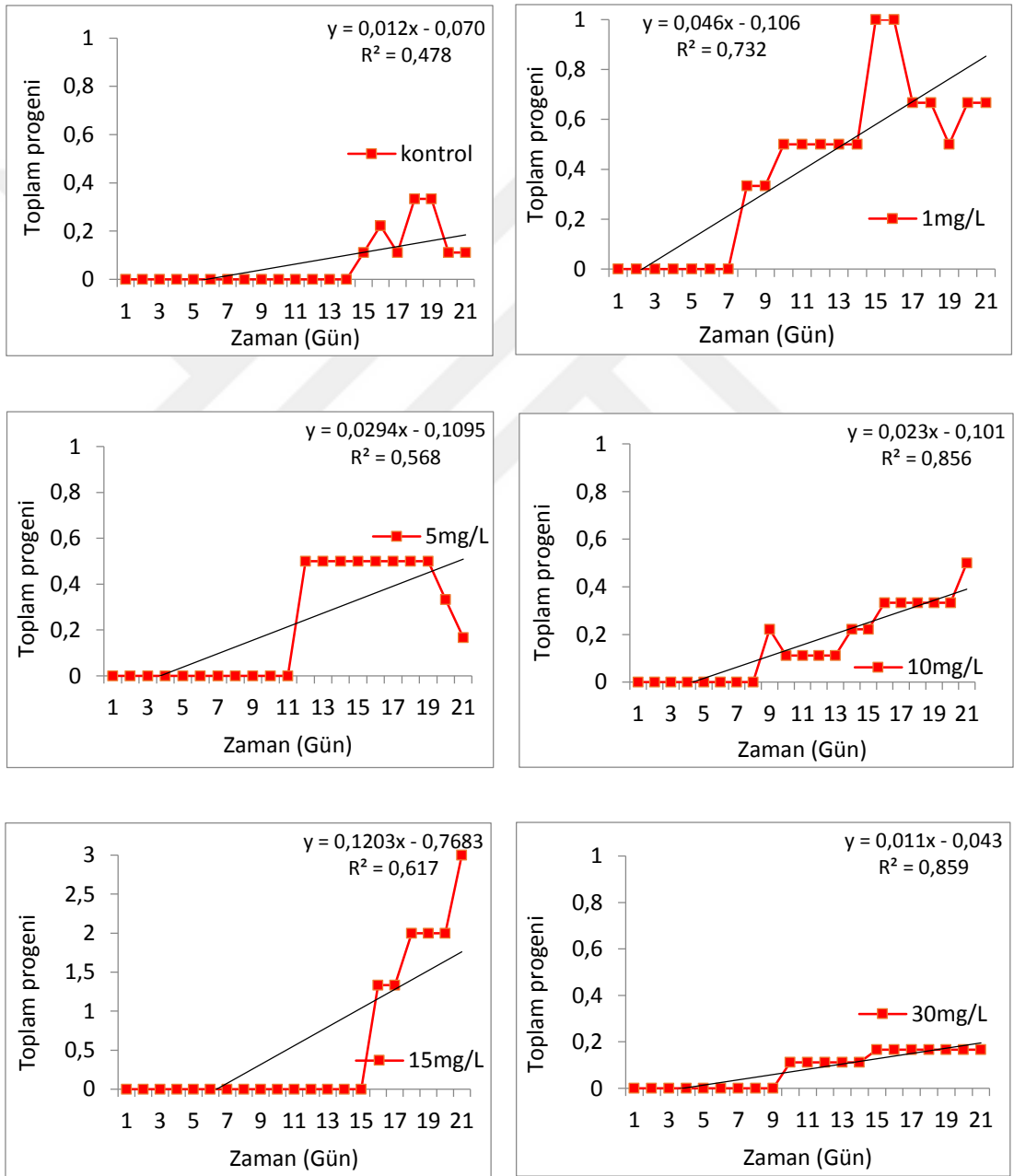
Uygulanan konsantrasyonlara göre  $LC_{50}$  miktarı, 14,777 mg/L olarak hesaplanmıştır.  $LC_{50}$  değeri, üç tekrarlı uygulamada birbirinden bağımsız olarak saptanmış ve ortalama değeri verilmiştir ( $p < 0,05$ ).



Şekil 4.8. Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlara maruz kalan *D. magna*'nın ömür uzunluğu.

#### 4.2.2. Toplam Projeni

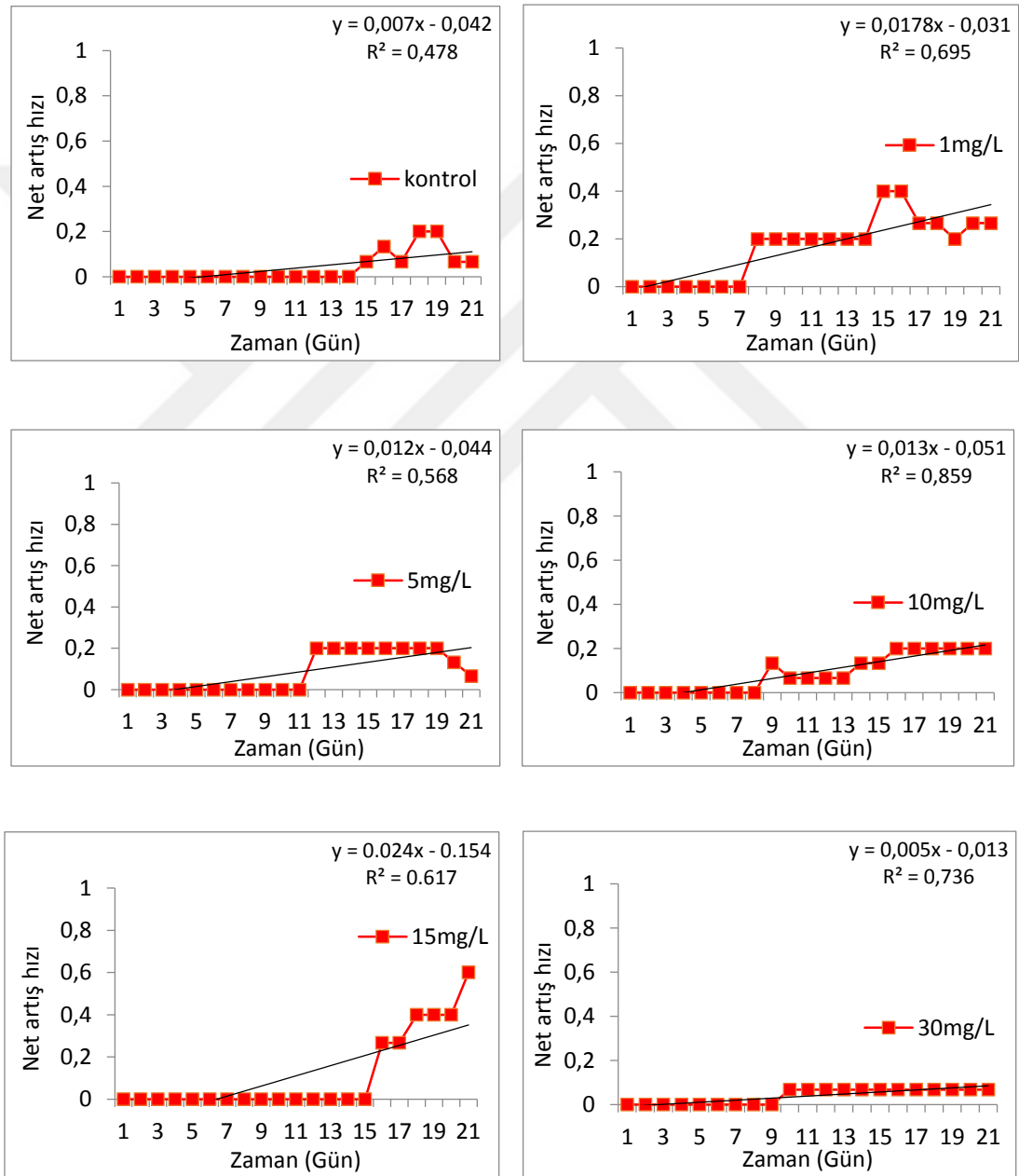
21 günlük çalışmada toplam projeni değerlerine bakıldığında kontrol grubunda 0,11 ( $R^2= 0,478$ ); 1 mg/L grubunda 0,66 ( $R^2= 0,732$ ), 5 mg/L grubunda 0,16 ( $R^2= 0,568$ ) ve 10 mg/L'de 0,5 ( $R^2= 0,856$ ) olduğu görülmüştür (Şekil 4.9). 30 mg/L konsantrasyon grubundaki toplam projeni artışı, 0,16 ( $R^2= 0,859$ ) olarak hesaplanmıştır. 15 mg/L MP-PMA uygulanan grup ise en yüksek toplam projeni artışına sahip olmuştur (1,33;  $R^2 = 0,617$ ).



Şekil 4.9. Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki toplam projeni değişimi.

### 4.2.3. Net Artış (Reprodüktif) Hızı

MP-PMA'nın 21 gün boyunca farklı konsantrasyonlarda uygulandığı deneyde; kontrol, 5 mg/L ve 30 mg/L konsantrasyon gruplarındaki net artış hızı 0,06 olarak ( $R^2 = 0,478$ ;  $R^2 = 0,568$ ;  $R^2 = 0,736$ ) bulunmuştur (Şekil 4.10). 1 mg/L MP-PMA uygulanan grupta net artış hızı 0,26 ( $R^2 = 0,695$ ), 10 mg/L'de 0,2 ( $R^2 = 0,859$ ) iken en yüksek net artış hızı değerini 0,6 ile 15 mg/L konsantrasyon grubunda ( $R^2 = 0,617$ ) göstermiştir.

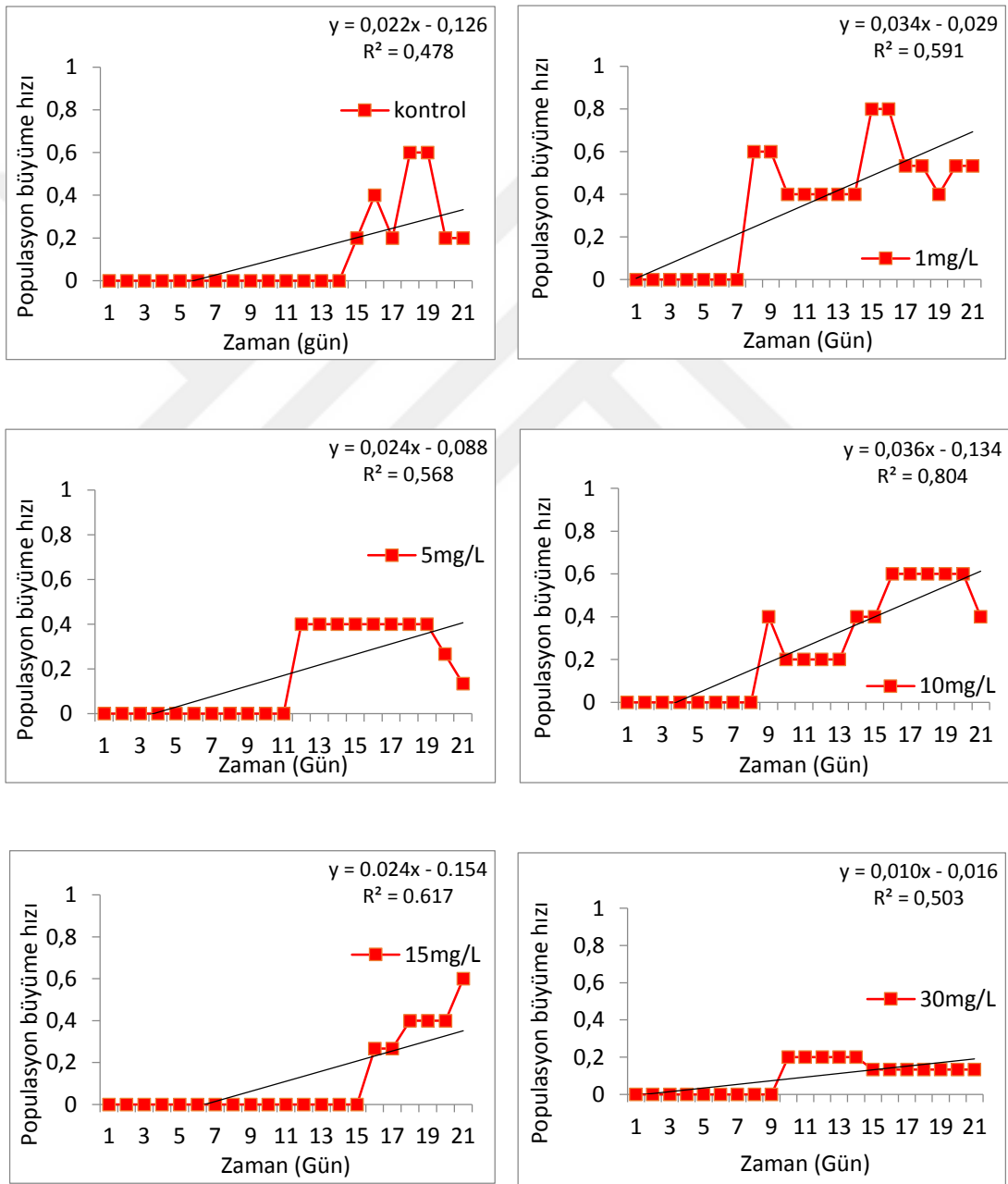


Şekil 4.10. Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki populasyon net artış hızı değişimi.



#### 4.2.4. Populasyon Büyüme Hızı

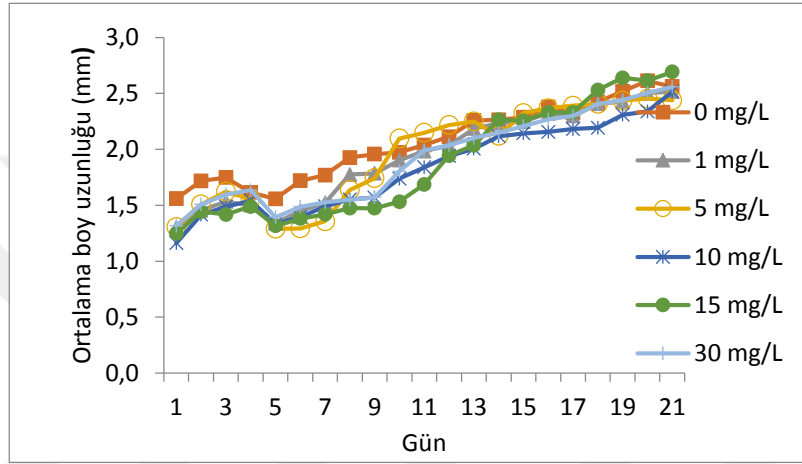
MP-PMA uygulanan farklı konsantrasyon gruplarının populasyon büyüme hızlarına bakıldığında en fazla 15 mg/L'de 0,6 ( $R^2= 0,617$ ) büyüme gözlenmiş; 1 mg/L'de 0,53 ( $R^2= 0,591$ ), 10 mg/L'de 0,4 ( $R^2= 0,804$ ) ve kontrol grubunda 0,2 ( $R^2= 0,478$ ) olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.11). Giderek azalan populasyon büyümesinde 5 mg/L ve 30 mg/L MP-PMA uygulanan konsantrasyonlarda ise 0,13 ( $R^2= 0,568$ ;  $R^2= 0,503$ ) olarak hesaplanmıştır.



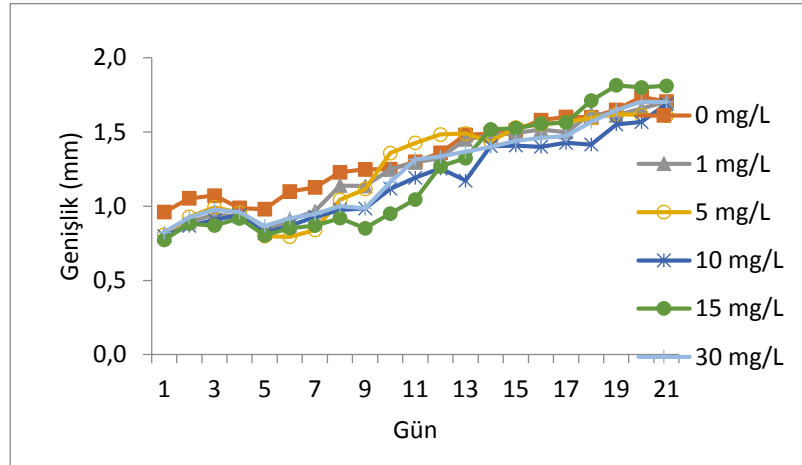
Şekil 4.11. Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki populasyon büyüme hızı değişimi.

#### 4.2.5. Morfometrik Veriler

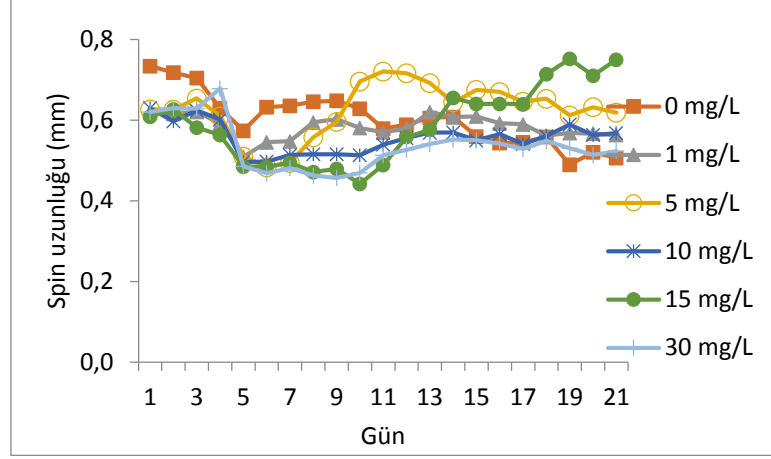
Kronik MP-PMA testinde vücut boyu, genişlik ve spin uzunluğu, uygulama süresinin sonuna doğru *D. magna* bireylerinin büyümesine bağlı olarak giderek artmıştır. 5. günde bir azalma göstermiş sonra tekrar artmaya devam etmiştir (Şekil 4.12 ve 4.13). Bunun nedeni ölen bireylerin ortalamayı etkileyerek düşürmesidir. Spin uzunluğunda dalgalanmalarla beraber son güne doğru küçülme görülmüş; 15 mg/L konsantrasyon grubunda spin uzunluğu artmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.12. Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D. magna* bireylerinin ortalama boy uzunluğu (mm).



Şekil 4.13. Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D. magna* bireylerinin ortalama genişliği (mm).



Şekil 4.14. Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D. magna* bireylerinin ortalama spin uzunluğu (mm).

Kronik MP-PMA uygulamasında morfometrik veriler arasındaki farklılık One-way ANOVA ile test edilmiştir (Çizelge 4.2). Boy uzunluğunda kontrol grubunun (1,987 mm) diğer konsantrasyon grupları ile farklılık gösterdiği, %95 güven aralığında bulunmuştur. 30 mg/L grubu, boy uzunluğu ortalaması (1,838 mm) ile kontrol grubundan sonra en yüksek uzunluğa sahip olan bireyleri içermiştir. Ancak bu grup ele alındığında istatistiksel bir fark görülmemiştir. Vücut genişliği ortalamalarında da vücut uzunluğu ortalamalarıyla aynı şekilde sadece kontrol grubu (1,277 mm) ile diğer tüm konsantrasyon grupları 2,5 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L ve 30 mg/L (1,073 mm; 1,156 mm; 1,092 mm; 1,077 mm; 1,173 mm) arasında farklılık bulunmuştur. Spin uzunluğu farklılığı ise kontrol ve 5 mg/L (0,619 mm ve 0,615mm) konsantrasyon grupları ile 10 mg/L ve 30 mg/L (0,558 mm ve 0,554 mm) konsantrasyon grupları arasında bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Çizelge 4.2. Kronik MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlarda *D. magna*'nın morfolojik farklılıkları, One-way ANOVA ile test edilmiştir ( $p < 0,05$ ; SD: standart sapma; harfler ilgili konsantrasyon grubunu simgelemektedir).

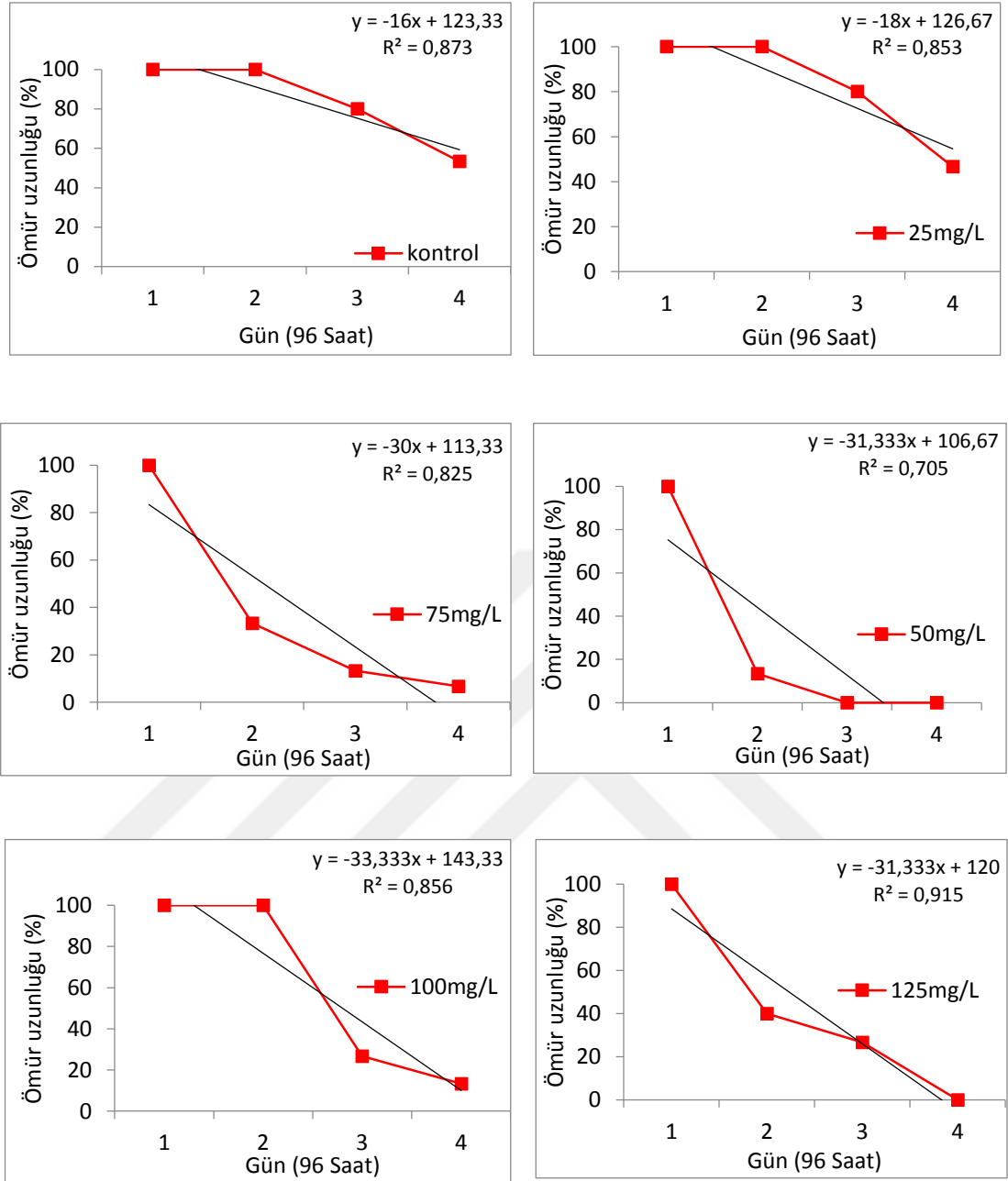
MP-PMA						
Konsant. (mg/L)	Vücut Uzunluğu (mm)		Vücut Genişliği (mm)		Spin (mm)	
	Ortalama	±SD	Ortalama	±SD	Ortalama	±SD
0 <sup>a</sup>	1.987 <sup>b,c,d,e,f</sup>	0.356	1.277 <sup>b,c,d,e,f</sup>	0.259	0.619 <sup>d,f</sup>	0.124
1 <sup>b</sup>	1.680 <sup>a</sup>	0.371	1.073 <sup>a</sup>	0.263	0.589	0.126
5 <sup>c</sup>	1.804 <sup>a</sup>	0.516	1.156 <sup>a</sup>	0.364	0.615 <sup>d,f</sup>	0.161
10 <sup>d</sup>	1.711 <sup>a</sup>	0.440	1.092 <sup>a</sup>	0.320	0.558 <sup>a,c</sup>	0.121
15 <sup>e</sup>	1.698 <sup>a</sup>	0.476	1.077 <sup>a</sup>	0.352	0.582	0.151
30 <sup>f</sup>	1.838 <sup>a</sup>	0.420	1.173 <sup>a</sup>	0.298	0.554 <sup>a,c</sup>	0.141

### 4.3. Akut MP-PVA Uygulaması

#### 4.3.1. Ömür Uzunluğu

96 saat boyunca MP-PVA ya maruz kalan *D. magna* popülasyonunda en fazla ömür uzunluğu, kontrol grubunda %53,3 ( $R^2 = 0,873$ ) olarak görülmüştür. 25 mg/L konsantrasyonda %46,6 ( $R^2 = 0,853$ ) görülmüşken 75 mg/L konsantrasyonda %6,6 ( $R^2 = 0,825$ ) ve 100 mg/L konsantrasyonda %13,3 ( $R^2 = 0,856$ ) oranlarında ömür uzunluğu hesaplanmıştır (Şekil 4.15). 50 mg/L MP-PVA konsantrasyon grubunda 72. saatte ( $R^2 = 0,705$ ) ve 125 mg/L MP-PVA uygulanan tüm bireylerde 96. saatte ( $R^2 = 0,915$ ) ölüm gözlenmiştir.

Uygulanan konsantrasyonlara göre  $LC_{50}$  değeri, 27,773 mg/L olarak hesaplanmış ve üç tekrarlı uygulamada birbirinden bağımsız olarak saptanmış ve ortalama değeri verilmiştir ( $p < 0,05$ ).

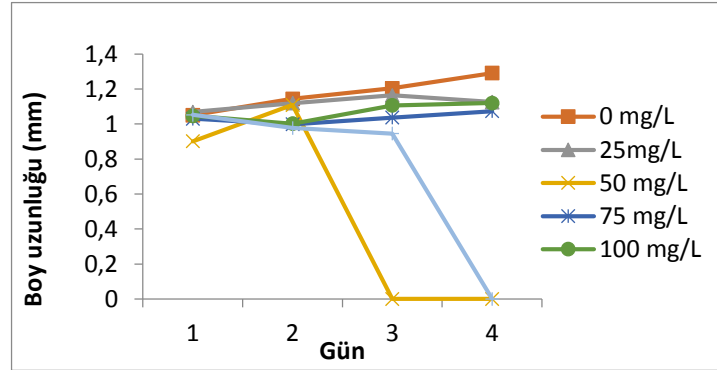


Şekil 4.15. Akut MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlara maruz kalan *D. magna*'nın ömür uzunluğu.

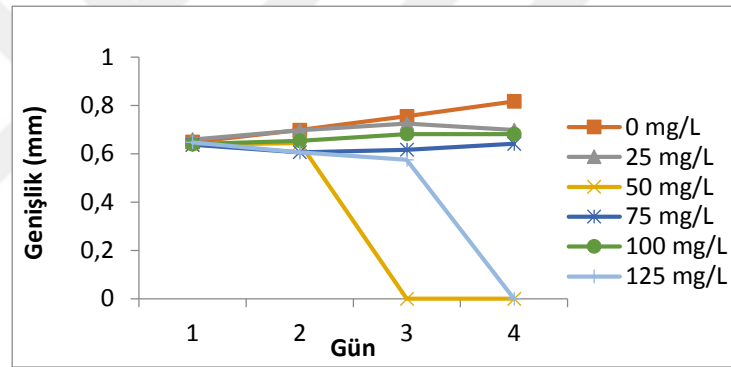
#### 4.3.2. Morfometrik Veriler

MP-PVA akut deneyi morfoloji grafiklerine bakıldığında kontrol, 25 mg/L, 75 mg/L ve 100 mg/L konsantrasyon gruplarında boy uzunluğu ve genişlik çok az artış göstermiş (Şekil 4.16 ve 4.17), spin uzunluğunda ise küçük dalgalanmalarla belirgin değişim görülmemiştir (Şekil 4.18). 50 mg/L'de 48 saat içinde morfolojik

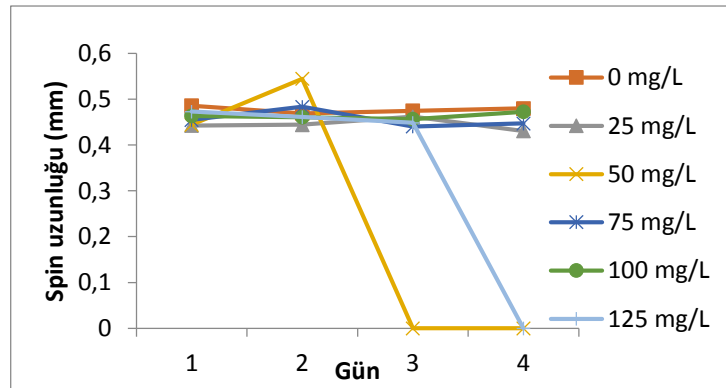
olarak büyümede artış göstermiş 72. saate ölüm gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, 125 mg/L grubunda 72 saatte birbirine yakın değerler gözlenmiş ve tüm bireylerde ölüm gerçekleşmiştir.



Şekil 4.16. Akut MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D. magna* bireylerinin ortalama boy uzunluğu (mm).



Şekil 4.17. Akut MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D. magna* bireylerinin ortalama genişlik (mm).



Şekil 4.18. Akut MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D. magna* bireylerinin ortalama spin uzunluğu (mm).

Kontrol ve 25 mg/L konsantrasyon grubu diğer tüm gruplarla farklılık göstermiştir. Kontrol grubunda vücut uzunluğu ortalaması 1,142 mm olarak ölçülmüşken, 25 mg/L'de 1,118 mm olarak kaydedilmiştir. Bu iki grubun boy uzunluğunun diğerlerinden daha fazla oluşu, ANOVA analizinde de saptanmış ve diğer gruplarla farklı olduğu bulunmuştur ( $p < 0,05$ ; Çizelge 4.3). Vücut genişliğinde de aynı gruplar arasında fark bulunmuştur. Kontrol ve 25 mg/L'de 0,706 mm ve 0,694 mm olarak ölçülmüştür. Spin uzunluğu ortalamaları ele alındığında kontrol grubu (0,475 mm), 25 mg/L konsantrasyon grubu hariç diğer tüm konsantrasyon gruplarıyla farklılık göstermiştir. En düşük ortalama ise 25 mg/L'de 0,447 mm olarak hesaplanmış ve bu grupta 50 mg/L, 75 mg/L ve 125 mg/L konsantrasyon gruplarıyla farklılık göstermiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Akut MP-PVA uygulamasında farklı konsantrasyonlarda *D. magna*'nın morfolojik farklılıkları, One-way ANOVA ile test edilmiştir ( $p < 0,05$ ; SD: standart sapma; harfler, ilgili konsantrasyon grubunu simgelemektedir).

Konsant. (mg/L)	Vücut Uzunluğu (mm)		MP-PVA Vücut Genişliği (mm)		Spin (mm)	
	Ortalama	$\pm$ SD	Ortalama	$\pm$ SD	Ortalama	$\pm$ SD
0 <sup>a</sup>	1.142 <sup>c,d,e,f</sup>	0.090	0.706 <sup>c,d,e,f</sup>	0.055	0.475 <sup>c,d,e,f</sup>	0.026
25 <sup>b</sup>	1.118 <sup>c,d,e,f</sup>	0.070	0.694 <sup>c,d,e,f</sup>	0.045	0.447 <sup>c,d,f</sup>	0.050
50 <sup>c</sup>	0.948 <sup>a,b,e</sup>	0.193	0.639 <sup>a,b,e</sup>	0.034	0.452 <sup>a,b,e</sup>	0.055
75 <sup>d</sup>	1.036 <sup>a,b</sup>	0.041	0.637 <sup>a,b</sup>	0.030	0.455 <sup>a,b</sup>	0.023
100 <sup>e</sup>	1.041 <sup>a,b</sup>	0.129	0.651 <sup>a,b</sup>	0.038	0.459 <sup>a,c</sup>	0.035
125 <sup>f</sup>	1.050 <sup>a,b,c</sup>	0.033	0.646 <sup>a,b,c</sup>	0.021	0.473 <sup>a,b</sup>	0.023

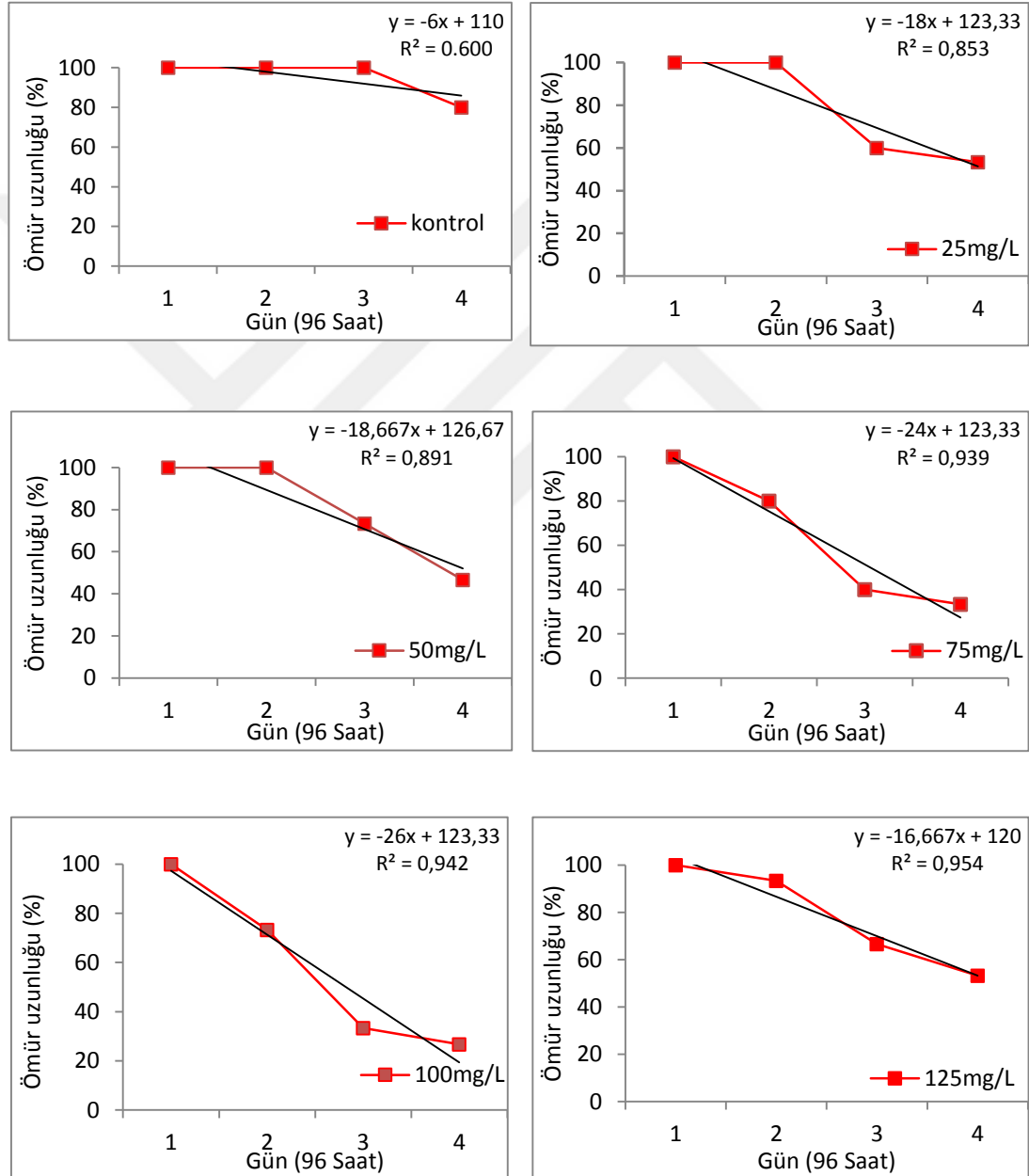
#### 4.4. Akut MP-PMA Uygulaması

##### 4.4.1. Ömür Uzunluğu

96 saat boyunca MP-PMA ya maruz kalan *D. magna* kültürlerinde en fazla ömür uzunluğu, kontrol grubunda %80 ( $R^2 = 0,6$ ) olarak görülmüştür (Şekil 4.19). 25 mg/L konsantrasyonda %53,3 ( $R^2 = 0,853$ ) görülmüşken, 50 mg/L MP-PMA uygulanan grupta ömür uzunluğu %46,7 ( $R^2 = 0,891$ ) olarak kaydedilmiştir. 75 mg/L MP-PMA konsantrasyon grubunda %33,3 ( $R^2 = 0,939$ ), 100 mg/L MP-PMA

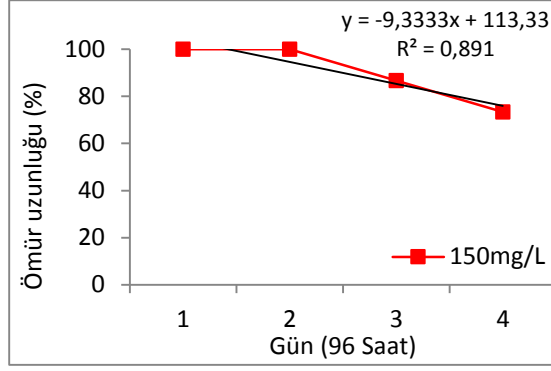
konsantrasyon grubunda %26,7 ( $R^2 = 0,942$ ), 125 mg/L MP-PMA konsantrasyon grubunda %53,3 ( $R^2 = 0,954$ ) ve 150 mg/L konsantrasyon grubunda ise ömür uzunluğu %73,3 ( $R^2 = 0,891$ ) olarak hesaplanmıştır.

Uygulanan konsantrasyonlara göre  $LC_{50}$  değeri, 74,574 mg/L MP-PMA olarak hesaplanmıştır.  $LC_{50}$  değeri, üç tekrarlı uygulamada birbirinden bağımsız olarak saptanmış ve ortalama değeri verilmiştir ( $p < 0,05$ ).



Şekil 4.19. Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlara maruz kalan *D. magna*'nın ömür uzunluğu.

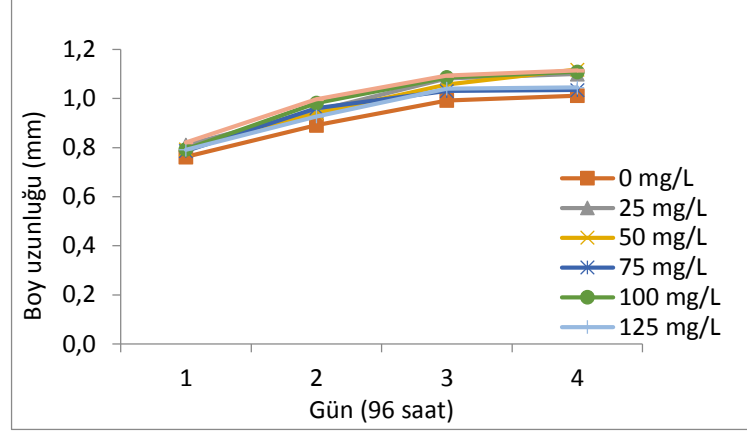




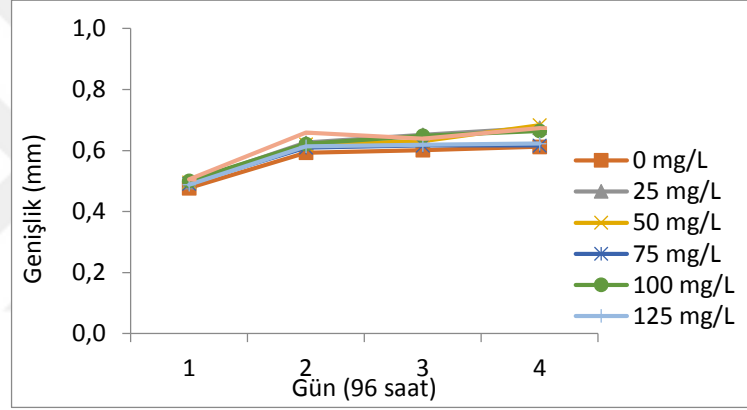
Şekil 4.19. Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlara maruz kalan *D. magna*'nın ömür uzunluğu (Devam).

#### 4.4.2. Morfometrik Veriler

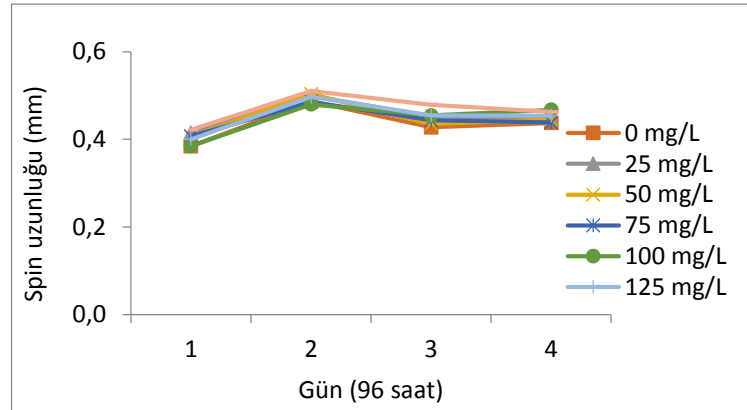
MP-PMA'nın uygulamasında, *D. magna* bireylerinin 96 saatlik morfolojik yapıları incelenmiştir. Tüm konsantrasyon grupları ele alındığında boy uzunluğu ve vücut genişliğinde uygulama süresi boyunca artış görülmeyle birlikte, spin uzunluğunda 48 saat sonrasında azalmalar kaydedilmiştir (Şekil 4.20- 4.22).



Şekil 4.20. Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D. magna* bireylerinin ortalama boy uzunluğu (mm).



Şekil 4.21. Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D.magna* bireylerinin ortalama vücut genişliği (mm).



Şekil 4.22. Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlardaki *D.magna* bireylerinin ortalama spin uzunluğu (mm).

MP-PMA farklı konsantrasyon grupları arasında *D. magna*'nın üç tekrarlı ortalama morfometrik verileri Çizelge 4.4'de görülmektedir. Kontrol grubunun boy uzunluğu ortalaması 0,913 mm iken en yüksek konsantrasyon olan 150 mg/L grubu, daha yüksek bir ortalamaya (1,004 mm) sahip olmuştur. Vücut genişliğinde benzer durum görülmüştür (0,570 mm ve 0,623 mm). Diğer yandan, 75 mg/L konsantrasyon grubu en düşük morfometrik oranlara sahip olmuştur (boy uzunluğu, 0.906 mm; genişlik 0,563 mm). Bunlarla birlikte, ANOVA testinde, gruplar arası farklılık istatistiksel olarak saptanmamıştır ( $p < 0,05$ ; Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Akut MP-PMA uygulamasında farklı konsantrasyonlarda *D. magna*'nın morfometrik farklılıkları, One-way ANOVA ile test edilmiştir ( $p < 0,05$ ; SD: standart sapma).

Konsant. (mg/L)	MP-PMA					
	Vücut Uzunluğu (mm)		Vücut Genişliği (mm)		Spin (mm)	
	Ortalama	±SD	Ortalama	±SD	Ortalama	±SD
0	0.913	0.136	0.570	0.081	0.435	0.065
25	0.951	0.145	0.600	0.090	0.455	0.069
50	0.943	0.139	0.593	0.093	0.449	0.066
75	0.906	0.117	0.563	0.071	0.440	0.057
100	0.909	0.148	0.569	0.090	0.431	0.079
125	0.939	0.125	0.585	0.073	0.451	0.060
150	1.004	0.155	0.623	0.091	0.472	0.078

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Besin alımı ya da herhangi bir yolla canlıların normal davranışından sapmaya yol açan, metabolizmalarına zarar veren her türlü madde, toksik madde olarak adlandırılır. Bu tez kapsamında MP-PVA ve MP-PMA'ya maruz bırakılan *D. magna* bireyleri, 96 saatlik akut ve 21 günlük kronik deneylerde uygulanan konsantrasyonlara bağlı olarak verdikleri farklı tepkiler, incelenmiştir. Bu tepkiler, populasyon hayat tablosu (ömür uzunluğu, net artış hızı, populasyon büyüme hızı, mortalite ve üreme özelliklerini) ve morfometrik veriler (boy uzunluğu, genişlik ve spin uzunluğu) olarak ayrı başlıklar halinde ele alınmıştır.

### 5.1. Populasyon Hayat Tablosu

Populasyon büyüklüğü, değişken olduğu için bu değişimin hangi koşullarda ve ne şekilde olduğu, o ekosistemin dengesini yansıtacağı için önem taşımaktadır. Genel olarak bu değişiklik, maruz kalınan süreye ve etki derecesine göre ortaya çıkmaktadır. Akut ve kronik MP-PVA ve MP-PMA uygulamalarının, ömür uzunluğuna olan etkileri Şekil 4.1., 4.8., 4.15. ve 4.19.'da görülmektedir. Artan MP konsantrasyonlarında, ömür uzunlukları azalmıştır. Akut MP-PVA deneylerinde 50 ve 150 mg/L'de hiç canlı birey kalmamışken, MP-PMA uygulamasında yaşam süresinde değişimler kaydedilmiştir. Ömür uzunlukları arasındaki farklılık, belirli çevresel koşullar yani farklı konsantrasyonlar altında, bireylerin etkilenme derecesini göstermektedir.

Ömür uzunluğunu ve buna bağlı olarak populasyon devamlılığını etkileyen faktörler arasında besin varlığı da önem taşımaktadır. *D. magna*'nın besin alımına (*Chlorella vulgaris*, yeşil alg ) bağlı olarak 2 µm mikroplastik polistiren içeren ortamda, mortalite ve üreme durumlarına etkisini Aljaibachi ve Callaghan (2018) araştırmışlardır. Aynı ortamda *D. magna* bireyleri, alg ve MP ile farklı konsantrasyonlarda maruz bırakılmıştır. Ortama alg eklenmediğinde tamamen MP ile beslenen *D. magna* bireylerinin, alg eklendiğinde MP yoğunluğu artsa bile alg ile beslenmeyi seçtikleri gözlenmiştir. Sonuç olarak, *D. magna*'nın seçici olarak plastik yemekten kaçındığını ve yeterli besinin bulunduğu yerlerde, ergin bireyler üzerinde daha az etkinin olduğu kaydedilmiştir. Canniff ve Hoang (2018), yaptıkları çalışmada MP ile kirlenen ortamda *D. magna*'nın yaşam süresi ve çoğalma aktivitesinin olumsuz yönde azaldığını belirtmişlerdir. Literatürdeki çalışmalara

benzer şekilde, MP-PVA ve MP-PMA ile yapılan akut ve kronik deneylerde aynı konsantrasyondaki gruplarda akut uygulamada, besin olmadığı için MP ile daha fazla etkilenen *D. magna* bireylerinin ömür uzunluğu daha kısa olduğu; kronik uygulamada ise aynı konsantrasyonda ömür uzunluğunun daha fazla olduğu görülmüştür. Kronik MP-PVA uygulamasında 50 mg/L konsantrasyonda ömür uzunluğu %13,3 iken akut 50 mg/L MP-PVA' da 72. saatte ölüm görülmüştür.

Mikroplastiklerin sadece ömür uzunluğunda değil, büyüme, gelişme, üreme ve yüzme davranışındaki değişimler şeklinde canlılardaki etkileri ortaya çıkmaktadır (Imhof vd., 2017; Bonanno ve Orlando-Bonaca, 2018; Canniff ve Hoang, 2018; Botterell vd., 2019). Plastikler, çevresel faktörler ve antropojenik faaliyetler sonucunda parçalanarak çok sayıda sekonder mikroplastığe dönüşürler (Yurtsever, 2015; Rezania vd., 2018). Mikroplastikler arıtma işlemlerinde de tutulamayıp sucül ekosisteme karıştığı için besin zincirinde en alt basamaktan üst basamağa kadar canlıların doku ve organlarında birikerek büyük tehdit oluştururlar (Besseling vd., 2017; Li vd., 2018; Botterell vd., 2019). Cuhra vd. (2017) yaptığı çalışmada henüz yeni kullanılan (yıkama yapılmamış) laboratuvar malzemesi 50 ml'lik polipropilen tüplerde yetiştirilen *D. magna* bireylerinde olgunlaşmanın geç olduğunu, büyüme ve üremenin azaldığını gözlemlemiştir.

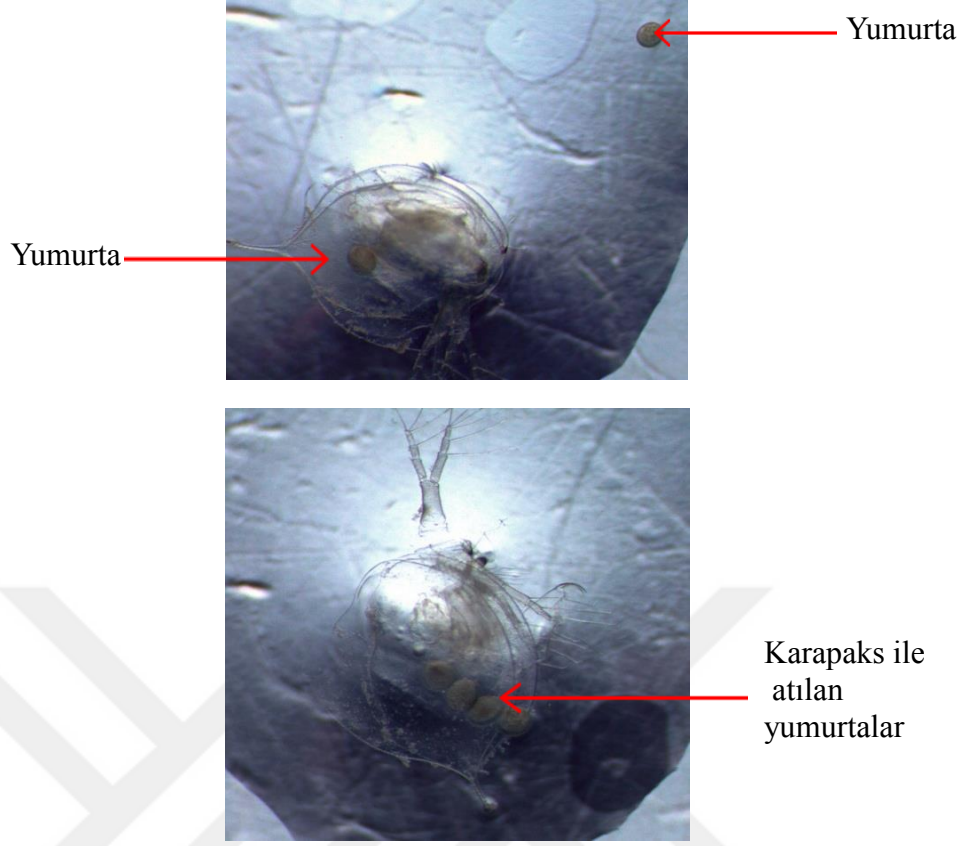
Tez kapsamında yapılan MP-PVA ve MP-PMA deneylerinde, mikroplastığe maruz kalan *D. magna* bireylerinin morfolojilerinde, uygulamanın son günlerine doğru bozulmalar meydana geldiği gibi ömür uzunluğunda kısalma ve yavru oluşumunda gerilemeler meydana gelmiştir. Populasyonlar, optimum koşullar altında belli bir olgun yaşa kadar ömür uzunluğunu yaşarlar. Bireylerin aç halde bırakılmaları, besin rekabeti ve eşit olarak besin alamama koşullarını ortadan kaldırdığı için yaşam süresi üzerindeki çevresel faktörlerin etkisi, doğrudan görülür. Cui vd., (2017) belirttiği gibi plastiklerin organizmalardaki etkileri hala geniş ölçüde bilinmemektedir. *D. magna* bireylerinin sabit laboratuvar koşulları altında yetiştirilerek deneye maruz bırakılmaları, doğrudan MP-PVA ve MP-PMA etkilerini yansıtmaktadır.

Uygulanan plastik konsantrasyonlarında ömür uzunluğunda lineer bir azalışın görülmediği, varyasyonların olduğu Imhof vd. (2017) tarafından belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada da ömür uzunlukları azalmış; ancak Şekil 4.1 ve 4.8'de görüldüğü gibi konsantrasyonlar arası değişimler kaydedilmiştir.

Jaikumar vd. (2019) yaptıkları çalışmada primer ve sekonder MP olan polietilen kullanarak 3 farklı *Cladocera* türünün çoğalma potansiyelleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. MP olarak polietilenin, *D. magna*, *D. pulex* ve *Ceriodaphnia dubia*'da kuluçka kesesi oluşumunun zamanını etkilemediğini belirlemişlerdir. Bu çalışmaya uygun olarak, MP-PVA ve MP-PMA deneylerinde de *D. magna*'da kuluçka kesesi oluşumu kontrol grubuna benzer zamanlarda meydana gelmiştir.

Kronik MP-PVA uygulamasında 5. günden itibaren kuluçka kesesi oluşumu tüm konsantrasyonlarda gözlenmiş; kontrol grubunda 8. günde 5 yumurta oluşmuşken konsantrasyon artışı ile meydana gelen yumurta sayıları azalmıştır. Sadece, kontrol ve 5 mg/L MP-PVA'da neonat oluşumu gerçekleşmiştir. Konsantrasyon artışı, kuluçka kesesinde embriyonun tam olarak gelişmesini baskılamıştır. Cui vd., (2017) yaptıkları çalışmada nanopartikül polistiren (PS-NP, 52 nm) *Daphnia galeata*'ya toksisitesini araştırmışlar ve 5 gün boyunca 5 mg/L PS-NP'ye maruz kalan bireylerde yaşam ve üremenin önemli ölçüde azaldığını ve embriyoların gelişmelerinde anormallik gözlendiğini bildirmişlerdir. PS-NP'ye maruz kalan bireylerde vücutta biriken lipid deposundaki (triacilgliserol ve kolesterol ester) azalmalara yol açtığı, bunun da morfolojik olarak küçülmeye ve kuluçka kesesi oluşturmada ve çoğalmada gerilemelere yol açtığını göstermişlerdir. Yumurta ve embriyo taşıyan bireylerde ise daha fazla yağ depolanmıştır. Bazı embriyolar, yüksek düzeyde lipid depolaması göstermiştir. Nasser ve Lynch (2016) ise *D. magna*'nın bir savunma maddesi olarak protein (HSP) salgıladığını tespit etmiştir. Bunu da embriyoların anormal bir durumla karşılaştığında ortaya çıkan bir yanıtı olarak ifade etmişlerdir (Aljaibachi ve Callaghan, 2018).

Kronik MP-PVA ve MP-PMA deneylerinde yumurta ve neonat oluşumuna bakıldığında; kontrol grubunda yumurta ve devamında neonat oluşumu gözlenmiş; diğer konsantrasyon gruplarında yumurta oluşumu azaldığı gibi daha sonrasında neonat oluşturmada atılan yumurtalar kaydedilmiştir (Şekil 5.1). Gelişim sırasında karapaks değişimi ile yumurtalar atılmıştır. Böylelikle MP-PVA'nın partenogenetik dişi bireylerdeki baskılayıcı etkisi sonucu, toplam progenide artış gözlenmemiştir (Şekil 5.1).



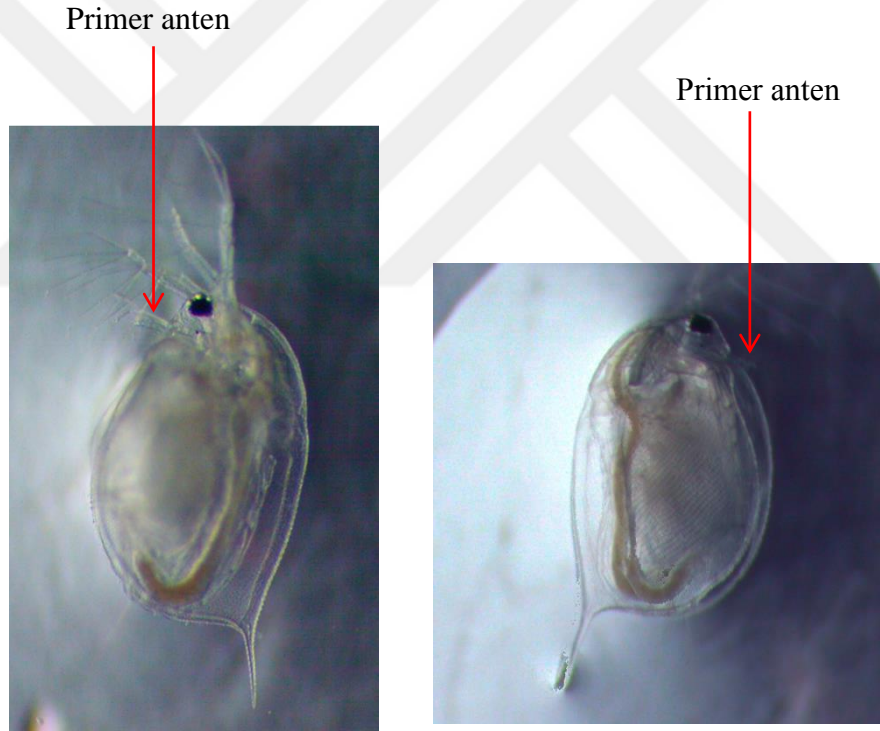
Şekil 5.1. Kronik MP-PVA 50 mg/L konsantrasyon artışıyla baskılanarak karapaks ile atılan yumurtalar (Fotoğraf: Merve Duygu Şeftalicioğlu).

Kronik MP-PMA deneyinde de konsantrasyon artışı ile progeni etkilenmiştir. Uygulamanın 6. gününden itibaren kuluçka kesesi oluşumu başlamış, 7. günde ilk yumurta oluşumu 15 mg/L’de görülmüştür. Mikroplastiklerin varlığında net artış hızının (Şekil 4.10) ve buna bağlı olarak populasyon büyüme hızlarının (Şekil 4.11) etkilendiği görülmüştür. Düşük ve yüksek konsantrasyonlar, bireyleri olumsuz yönde etkilemiştir. 15 mg/L MP-PMA’da ise diğer gruplara göre nispeten daha fazla neonat oluşmuştur. Bu durum, olumsuz koşullarda populasyonun devamlılığını sağlaması yönünde gösterdiği tepki olarak yorumlanabilir.

Populasyonun bulunduğu ortam koşulları, çevresel faktörler, potansiyel artış gücünü etkiler. Populasyonun yumurta oluşturma ve sonrasında yavru meydana getirebilme kapasitesi ve çevresel faktörler arasındaki fark, o zaman koşullarındaki çevresel direnci gösterir. Dolayısıyla populasyonun net artışı, o populasyonun gelişme yönünde olup olmadığını yansıtan iyi bir parametredir (Krebs, 1999). MP-

PVA ve MP-PMA kronik uygulamalarında net artış hızı  $R_0 < 1$  olduğu için *D. magna* popülasyonu, gerileyen tiptedir (Şekil 4.3 ve 4.10).

*D. magna* bireyleri, olumsuz koşullarla karşılaştığında türün devamlılığını sağlamak ya da kendini savunma için çeşitli tepkiler verirler. Mikroplastikler ile yapılan deneyde, MP-PVA'ya maruz bırakılan *D. magna* bireyleri, deneyin 16. gününde 5 mg/L konsantrasyonda bir erkek neonat oluşturarak olumsuz koşullarda popülasyonun devamlılığını sağlamaya çalışmıştır (Şekil 5.2). Heckmann vd., (2008) ve Imhof vd., (2017) omurgasız canlılarda juvenil hormon esteraz (JHE) oogenezi düzenlediğini ve *Daphnia*'da vitellogenizi kontrol ettiğini göstermişlerdir. Bu mekanizmaların etkisiyle erkek bireyin meydana gelmesi, olumsuz çevre koşuluna karşı gösterilen adaptasyon olarak ortaya çıkmıştır. (Anderson vd., 2016; Imhof vd., 2017) ve partenogenetik çoğalmada miktik döngüye geçilmek üzeredir.



Şekil 5.2. Kronik MP-PVA deneyinde erkek neonatın oluştuğu gözlenmiştir a)16.gün, 5 mg/L (Büyütme: 25X); b) 20.gün, 5 mg/L (Büyütme: 20X; fotoğraf: Merve Duygu Şeftalicioğlu).



## 5.2. Morfolojik Veriler

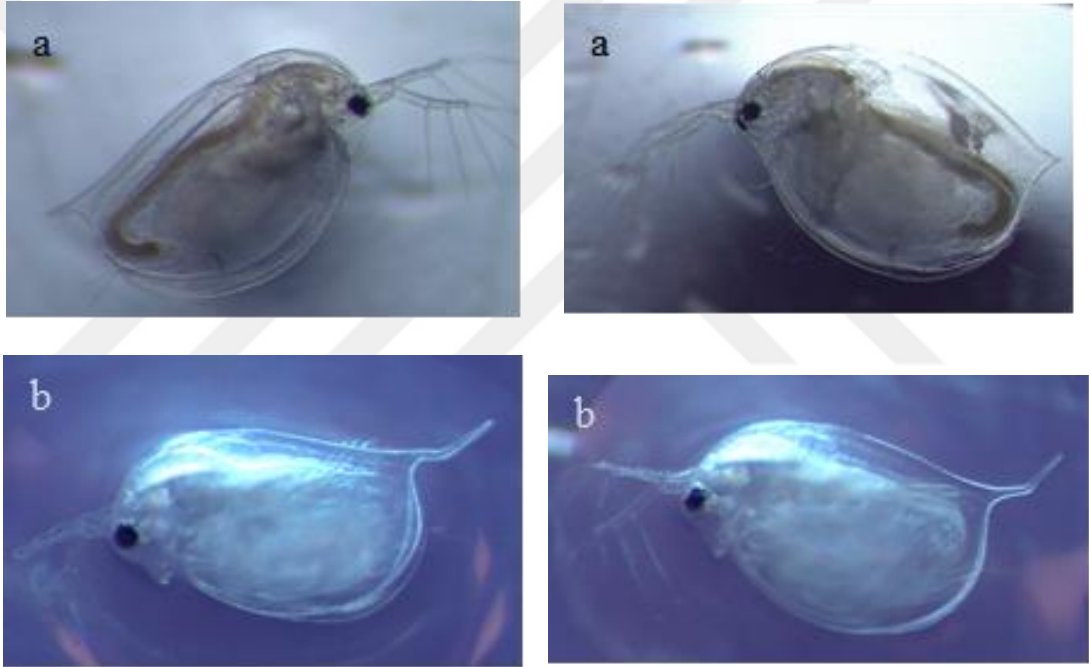
*D.magna* bireyleri, MP-PVA ve MP-PMA'ya maruz bırakıldığında; hayatta kalması, üremesi, vücut morfolojisi gibi populasyon yapısı değişikliğe uğramaktadır. Kronik ve akut MP-PVA ve MP-PMA, farklı konsantrasyon uygulamalarında boy uzunluğu (Şekil 4.5, 4.12, 4.16 ve 4.20) ve vücut genişliğinde (Şekil 4.6, 4.13, 4.17 ve 4.21) artışlar; spin uzunluğunda (Şekil 4.7, 4.14, 4.18 ve 4.22) ise artış ve sonra küçülmenin olduğu kaydedilmiştir. Sadece akut MP-PMA uygulamasında kontrol grubu ile gruplar arası farklılıklar bulunmamış (Çizelge 4.4); diğer tüm uygulamalarda morfometrik verilerde, gruplar arası farklılıklar saptanmıştır ( $p < 0,05$ ; Çizelge 4.1-4.3).

Kontrol grubu hariç diğer konsantrasyonlarda görülen artışlar *D. magna*'nın siklomorfizm davranışına benzerlik gösterdiği ifade edilebilir. Siklomorfizm, sucul organizmalarda çevrenin etkisiyle (biyotik, abiyotik) vücut yapılarında mevsimsel olarak meydana gelen fiziksel değişikliklerin yanında davranışlarda oluşan bir takım değişiklikleri de kapsar (Hutchinson 1967; Beckius, 2013). *D. magna*, sucul ortamda vücudunu irileştirerek batma oranını azaltıp yüzmesini kolaylaştırmayı siklomorfosis ile sağlar. Aynı zamanda iri vücutlu olunması, besinsel tercihlerde geride kalmayı sağlar (Hunter ve Pyle, 2004; Boeing vd., 2006; Weiss vd., 2015). Bu çalışmada, mikroplastiklere karşı çevresel tehlike hisseden *D. magna* bireyleri, vücut büyüklüklerini artırarak belli bir konsantrasyona kadar morfolojik plastisite ile tolerans edebilirler. Bu nedenle konsantrasyonun artmasına bağlı olarak morfolojik yapıları, özellikle spin uzunluğunda dalgalanmalar göstermiştir. *D. magna* bireylerinin kendilerini tehlikede hissettiklerini siklomorfosis oluşturmaktan başka MP-PVA deneyi 16.gün, 5 mg/L'de erkek neonat oluşturmuş olmasıyla da anlayabiliriz (Şekil 5.2).

Imhof vd. (2017), *D. magna* üzerinde mikroplastiklerin toksisitesinin araştırdığı deneylerde, 4 polimer karışımının (plastik karışım A (Poliamid, polikarbonat, polietilen tereftalat ve polivinilklorür), diğerini ise plastik karışım B (Akrilonitril-burtdien-stiren terpolimer, plastikleştirilmiş polivinil klorür, polioksümetilen homopolimer ve stiren-akrilonitril kopolimer) morfoloji, ömür uzunluğu ve *D. magna*'nın (üç farklı klon) üzerindeki etkilerini incelemiştir. Juvenil *Daphnia* analizlerinde morfolojik (boy, genişlik ve spin) olarak değişimler ortaya

çıkılmıştır. Benzer sonuçlar elde eden Besseling vd. (2014), nano-polistirenin (nano-PS) *D. magna*'nın büyüme, mortalite, projeni ve malformasyonları üzerine etkilerini değerlendirmiştir. nano-PS'ye maruz kalan *D. magna* bireylerinin vücut boyutunda küçülme ve üremede belirgin değişiklikler gözlenmiştir. Projeni sayıları ve vücut büyüklüğü düşükken yeni oluşan neonatlarda, malformasyonlarının sayısı % 68'e yükselmiştir.

Yapılan bu çalışmada kronik ve akut MP-PVA ve MP-PMA uygulamalarında genişlik ve boy uzunluğundaki değişimlerin yanısıra spin morfolojisinde de deformasyonlar gözlenmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Kronik PVA uygulamasında spin morfolojisindeki bozulmalara örnekler a) 25 mg/L MP-PVA; b) 50mg/L MP-PVA (Fotoğraf: Merve Duygu Şeftalicioğlu).



Şekil 5.4. Kronik MP-PVA uygulamasının kontrol grubunda, normal morfolojideki spin görünümüne örnek (Fotoğraf: Merve Duygu Şeftalicioğlu).

Tez kapsamında, farklı konsantrasyon gruplarıyla yapılan 3 tekrarlı deneylerde toplamda 375 bireyle çalışılmıştır. Zamana bağlı olarak genel vücut yapısı (boy uzunluğu ve genişlik) giderek irileşmiştir. Bununla birlikte, konsantrasyon miktarı arttıkça büyümenin daha az olduğu görülmüştür. Diğer yandan, deney sırasında karapaks atımı da büyüme sonucu meydana gelmiştir (Şekil 5.1).

Çalışmada kullanılan MP-PVA'nın molekül ağırlığı 10000 g/mol ve MP-PMA molekül ağırlığı ise 120000 g/mol olan mikroplastiklerdir; suda çözünabilirler. Bu nedenle, *D. magna* bireyleri, besin alımı ve filtrasyon hareketi sırasında sindirim ve solunum sistemine mikroplastikleri almışlardır. Böylelikle bireylerin, artan konsantrasyon karşısında daha fazla büyümeleri baskılanmıştır (Rosenkranz vd., 2009).

Planktonik bir filtratör olan *D. magna*'nın yüzme ve filtreleme davranışları üzerindeki etkilerini gözlemleyen Gorokhova vd. (2018), mikroalg yerine karıştırılarak yenilebilecek olan kaolin ve MP ile çalışmışlardır. Hem kaolinin hem de MP'nin yüzme davranışını değiştirdiği, ancak bunun tersine, kaolinde filtrasyonla ilgili hareketlerin azalması ve MP'de artış göstermesi fark edilmiştir. Biyofilm kaplı partiküller çoğaltıldığında ise zaten süspansiyon halinde yüzen MP'ler için belli bir enerji harcayan *D. magna* bireylerinin MP'nin biyofilm kaplanmasından sonra olduğundan daha da fazla enerji harcadığını göstermektedir.

Plastiklerin dışında çeşitli kimyasallarla yapılan çalışmalara bakıldığında Bekcan ve Sarıgül (2009), deney sırasında glifosat verilen *Daphnia*'ların hareketlerinde giderek yavaşlama gözlemlendiğini, ölmeden önce yüzeye ve dibe doğru

bireylerin birkaç kez yüzdükten sonra beherin dibine doğru giderek ağırlaştığını gözlemlemişlerdir. Dodson ve Hanazato (1995), zirai kimyasal olan Karbaril ile yaptıkları toksisite deneyinde, *D. magna* bireyelerinin toksisiteye karşı tepki olarak 3 tip davranış sergilediğini gözlemlemişlerdir. Birinci tip kendi etrafında dönme, ikincisi streten titreme, üçüncüsü ise hareket etmeden durma ya da sinme davranışıdır. Verilen bu literatürlere uygun olarak kronik ve akut MP-PVA ve MP-PMA deneylerinde, ölmeden önce *D. magna* bireyelerinin hareketlerinde yavaşlamalar gözlenmiş dibe doğru ağırlaşarak batma ya da yüzey geriliminde hareketsiz bir şekilde askıda kalma görülmüştür.

Bu tez çalışması kapsamında, yaygın olarak kullanılan plastik polimerleri olan PVA ve PMA' nın sucul ekosisteme olan zararları değerlendirilmiştir. Mikroplastikler, doğrudan ve / veya arıtım tesislerinde filtrasyona uğramadan alıcı ortam olan sucul ekosisteme verilmektedirler. Bu nedenle, mikroplastik PVA ve PMA' nın *Daphnia magna* populasyonu üzerine olan etkileri incelenmiştir. Tez çalışması ile LC<sub>50</sub> değerleri göz önüne alındığında, düşük konsantrasyonlarda dahi populasyon yapısının bozulduğu görülmektedir.

MP-PVA ve MP-PMA etkilerinin tatlısu ekosistemlerinde birincil tüketici olarak önemli bir basamakta bulunan *D. magna*'yı olumsuz etkilediği ve besin aktarımı ile üst basamaklara taşınabileceği görülmektedir. Bu nedenle habitatta bulunan mikroplastiklerin düşük konsantrasyonlarının tatlısu ekosisteminde olumsuz etkilerde bulunduğu *D.magna* populasyon dinamiği üzerinde gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Abrantes, N. and Golçalves, F. (2003). The dynamics of *Ceriodaphnia pulchella* (Cladocera) in laboratory. *Acta Oecol.* **24**(1), 245-249.
- Alpbaz, A. (1993). Akvaryum Teknikleri Ve Balıkları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, İzmir.
- Akın, M. ve Akın, G. (2007). Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi.* **47**(2), 105-118.
- Aksungur, N. ve Firidin, Ş. (2008). Su kaynaklarının kullanımı ve sürdürülebilirlik, *Yunus Araştırma Bülteni.* **8**, 9-11.
- Aküzüm, T., Çakmak, B., Gökalp, Z. (2010). Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi.* **3**, 67-74.
- Akyıldız, A.R. (1992). *Balık Yemleri ve Teknolojisi Ders Kitabı*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 366 p.
- Aljaibachi, R. and Callaghan, A. (2018). Impact of polystyrene microplastics on *Daphnia magna* mortality and reproduction in relation to food availability. *PeerJ.* **6**: e4601.
- Anderson, J.C., Park, B.J., Palace, V. P. (2016). Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environ Pollut.* **218**, 269-280.
- Andrade, M.C., Winemiller, K.O., Barbosa, P.S., Fortunati, A., Chelazzi, D., Cincinelli, A., Giarrizzo, T. (2019). First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. *Environ Pollut.* **244**, 766-773.
- Arias-Andres, M., Rojas-Jimenez, K., Peter-Grossart, H. (2019). Collateral effects of microplastic pollution on aquatic microorganisms: An ecological perspective. *Analytical Sci Tech.* **112**, 234-240.

- Avan, Ç. (2011). *Plastik ve Plastik Atıkların, Geri Dönüşümü ve Çevreye Etkileri Konularında Öğrenci Tutumlarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu.
- Aydın, G. (2013). *Fen Bilgisi ve Sınıf Öğretmen Adaylarının Ağır Metal ve Radyasyon Kirliliği Konusunda Bilgi Düzeyleri: Giresun Üniversitesi Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Giresun.
- Beckius, J. (2013). Structural Cyclomorphosis in Populations of Low - motility Zooplankton. University of Wyoming.
- Begon, M. and Mortimer, M. (1986). Population ecology: a unified study of animals and plants, 2nd edition. *Blackwell Sci. Publ.* ISBN 13: 9780632013395.
- Bekcan, S. ve Sarıgül, Z. (2009). Herbisit Glifosatın *Daphnia magna* Üzerine Akut Toksikitesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. **15**, 204-208.
- Benzie, J.A.H. (2005). Cladocera: The genus *Daphnia* (including *Daphniopsis*) (Anomopoda: Daphniidae). Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. *Aguat sci.* **21**, 491-491.
- Besseling, E., Lürling, M., Koelmans, A.A. (2014). Nanoplastic Affects Growth of *S. obliquus* and Reproduction of *D. magna*. *Environ. Sci. Technol.* **48**, 12336-12343.
- Besseling, E., Quik, J.T.K., Güneş, M., Koelmans, A.A. (2017). Fate of nano- and microplastic in freshwater systems: A modeling study. *Environ Pollut.* **220**, 540-548.
- Boeing, W.J., Charles, W., Ramcharan, H., Riessen, P. (2006). Multiple predator defence strategies in *Daphnia pulex* and their relation to native habitat. *J of Plankton Res.* **28**, 571-584.
- Boerger, C.M., Lattin, G.L., Moore, S.L. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Mar Pollut Bull.* **60**(12), 2275-2278.
- Bonanno, G. and Orlando-Bonaca, M. (2018). Perspectives on using marine species as bioindicators of plastic pollution. *Mar Pollut Bull.* **137**, 209–221.

- Botterell, Z.L.R., Beaumont, Nicola., Dorrington, T., Steinke, M., Thompson, R.C., Lindeque, P.K. (2019). Bioavailability and effects of microplastics on marine zooplankton: A review. *Environ Pollut.* **245**, 98-110.
- Bouchnak, R and Steinberg, C.E.W. (2010). Modulation of longevity in *Daphnia magna* by food quality and simultaneous exposure to dissolved humic substances. *Limnologica.* **40**(2), 86-91.
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. (2018). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. *Environ Sci Technol.* **45**(21), 9175-9.
- Canniff, P.M. and Hoang, T.C. (2018). Microplastic ingestion by *Daphnia magna* and its enhancement on algal growth. *Environ Sci.* **633**, 500-507.
- Cáceres, C.E. and Tessier, A.J. (2004). Incidence of diapause varies among populations of *Daphnia pulex*. *Oecologia.* **141**, 425-431.
- Carlos de Sá, L., Oliveira, M., Ribeiro, F., Rocha T.L., Futter, M.N. (2018). Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *Sci. Total Environ.* **645**, 1029–1039.
- Carpenter, S.R. and Kitchell, J.F. (1993). *The Trophic Cascade In Lakes*. Cambridge University Press, Cambridge, England, 385.
- Ceylan, B. (2017). *Atıksulardaki mikroplastik kirliliğinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Chowdhury, M.R.(2019). Water resources management for sustainable development: International environmental law perspectives (pp: 235-250). *Rural sociology and community mobilization for sustainable growth*. Vol.14, The Legal Care, Bangladesh.
- Cincinelli, A., Scopetani, D., Chelazzi, D., Lombardini, E., Martellini, T., Katsoyiannis, A., Fossi, M.C., Corsolini, S. (2017). Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): Occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere.* **175**, 391-400.

- Cirik, S., Gökpinar, Ş., (1999). Plakton Bilgisi ve Kültürü, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*. **19**, 247.
- Cirik, S., Gökpinar, Ş., (2008). Plankton Bilgisi ve Kültürü. *Ege Üniversitesi Yayınları*. **5**, 257.
- Constantinou, J., Sullivan, J., Mirbahai, L. (2019). Ageing differently: Sex-dependent ageing rates in *Daphnia magna*. *Exp Gerontol*. **121**, 33-45.
- Cui, R., Kim, S.W., An, Y.J. (2017). Polystyrene nanoplastics inhibit reproduction and induce abnormal embryonic development in the freshwater crustacean *Daphnia galeata*. *Sci Rep*. **7**, 12095.
- Cuhra, M., Bohn, T., Cuhra, P. (2017). *In plastico*: laboratory material newness affects growth and reproduction of *Daphnia magna* reared in 50-ml polypropylene tubes. *Sci Rep*. **7**, 46442.
- Cupi, D., Hartmann, N.B., Baun, A. (2015). The influence of natural organic matter and aging on suspension stability in guideline toxicity testing of silver, zinc oxide, and titanium dioxide nanoparticles with *Daphnia magna*. *Environ Toxicol Chem*. **34**, 497–506.
- Crispim, M.C., Paz, R.J., Watanabe, T. (2003). Comparison of different *Moina minuta* population dynamics eclosed from resting eggs in a semi-arid region in Brazil. *Brazilian Journal of Ecology*. **1**, 33-38.
- Critchell, K., Bauer-Civiello, A., Benham, C., Berry, K., Kartal, L., Hamann, M., Hussey, K., Ridgway, T. (2019). Plastic pollution in the coastal environment: current challenges and future solutions. *Coast and Estuar*. **34**, 595-609.
- Çakmak, B. ve Gökalp, Z. (2011). İklim Değişikliği ve Etkin Su Kullanımı, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. **4**, 87-95.
- Çatalbaş, F. (2017). *Tuz Gölü tuzlarında mikropplastik varlığının incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Çetin, G. (2012). *Polivinil Alkol Esaslı İç İç Geçmiş Ağ Yapılı Polimerlerin Hazırlanması ve Bazı Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.



- Denizli, A. ve Yavuz, H. (2017). Mikroplastikler ve Dünyamız, *TÜBA Günce Dergisi*. 1-3.
- Depledge, M.H., Galgani, F., Panti, C., Caliani, I., Casini, S., Fossi, M.C. (2013). Plastic litter in the sea. *Mar Environ Res.* **92**, 279-281.
- Derraik, J.G.B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar Pollut Bull.* **44**, 842-852.
- Dinçer, S. (2014). *Çanakçı Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Giresun.
- Din, M.I., Nabi, A.G., Hussain, Z., Arshad, M., İntisar, A., Sharif, A., Ahmed, E., Mehmood, H.A., Mirza, M.L.(2019). Innovative seizure of metal/metal oxide nanoparticles in water purification: A critical review of potential risks. *Critical reviews in analytical chemistry.* **49**(4). 289-381.
- Dodson, S.I. and Hanazato, T. (1995). Commentary on effects of anthropogenic and natural organic chemicals on development, swimming behavior and reproduction of *Daphnia*, a key member of aquatic ecosystems. *Environ Health Perspect.* **103**, 7-11.
- Dolmaz, Ö. (2009). *Günelik Hayatta Plastik Malzemenin Anlamları: Mutfak Objeleri Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Dris, R., Imhof, H., Sanchez, W., Gasperi, J., Galgani, F., Tassin, B., Laforsch C. (2015). Beyond the ocean: contamination of freshwater ecosystems with (micro-) plastic particles. *Environ Chem.* **12**, 539-550.
- Duis, K. and Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environ Sci Eur.* **28** (1): 2.
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C., Aldridge, D.C. (2015). Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Res.* **75**, 63-82.

- Ferreira, P., Fonte, E., Soares, M.E., Carvalho, F., Guilhermino L. (2016). Effects of multi-stressors on juveniles of the marine fish *Pomatoschistus microps*: gold nanoparticles, microplastics and temperature. *Aquat Toxicol.* **170**, 89-103.
- Finney, D.J. (1971). Probit analysis, 3rd (Ed.), Cambridge University Press, London, 333 p. ISBN: 052108041X.
- Firidin, E. (2015). Su Sorununun, Su Hakkı ve Su Etiği Çerçevesinde Değerlendirilmesi, *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi.* **7**, 43-55.
- Garside, M. (2019). <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/> (last edited Jan 30, 2019).
- Goldman, C.R. and Horne, A.J. (1983). *Limnology*. Mc Hill Int., Book comp., New York, 464 p.
- Gong, N., Shao, K. Li, G., Güneş, Y. (2016). Acute and chronic toxicity of nickel oxide nanoparticles to *Daphnia magna*: The influence of algal enrichment. *NanoImpact.* **3-4**, 104-109.
- Gorokhova, E., Könnicke, O., Ogonowski, M., Gerdes, Z., Wiklund, A.E. (2018). Alterations in swimming behavior of *Daphnia* exposed to polymer and mineral particles: towards understanding effects of microplastics on planktonic filtrators. *BioRxiv*. doi: <https://doi.org/10.1101/406587>.
- Goulden, C.E., Comottor, R.M. Henrickson, J.A., Horing, L.L., Johnson, K.L. (1982). Procedures and recommendations for the culture and use of *Daphnia* in bioassay studies. *ASTM Special Technical Publication.* **766**, 139-160.
- Gökçe D. (2016). "Algae as an Indicator of Water Quality", in: *Algae - Organisms for Imminent Biotechnology*, Thajuddin N, Dhanasekaran D, Eds., Intech, Rijeka, pp.81-101.
- Gökçe D., Köytepe, S., Özcan, İ. (2018). "Effects of nanoparticles on *Daphnia magna* population dynamics", *Chemistry and Ecology.* **Vol.34**, 301-323.
- Gökçe D. (2019). "Wetland Importance and Management", in: *Wetlands Management: Assessing Risk and Sustainable Solutions*, Gokce D., Eds., Intech, Londra, pp.3-10.

- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z. (1997). *Plastikler*, Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Gür, B. (2010). *Pyronin B ve Pyronin Y Bileşiklerinin Polivinil Alkol İçeren Sulu Ortamda Fotofiziksel Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Heckmann, L-H., Sibly, R., Connon, R., Hooper, H., Hutchinson, T., Maund, S., vd. (2008). Systems biology meets stress ecology: Linking molecular and organismal stress responses in *Daphnia magna*. *Genome Biol.* **9**(2): PMID: 18291039.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ Sci Technol.* **46** (6), 3060-75.
- Hoogenboom, R. (2019). *Smart Polymers and their Applications*. Academic Press, Belgium, 687 p.
- Hunter, K. and Pyle, G. (2004). Morphological responses of *Daphnia pulex* to *Chaoborus americanus* kairomone in the presence and absence of metals. *Environ Toxicol Chem.* **23**, 1311-1316.
- Hutchinson, G.E. (1967). *A treatise on limnology*, Vol. 2: Introduction to lake biology and the limnoplankton. *John Wiley & Sons*. New York, London, and Sydney. 1115 p.
- Hülsman, S. (2001). Reproductive potential of *Daphnia galeata* in relation to food conditions: Gmplications of changing size-structure of the population. *Hidrobiologia.* **444**, 241-252.
- Imhof, H.K., Ivleva, N.P., Schmid, J., Niessner, R., Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Curr Biol.* **23**, 867-868.
- Imhof, H.K., Laforsch, C., Wiesheu, A.C., Schmid, J., Anger, P.M., Niessner, R., Ivleva N.P. (2016). Pigments and plastic in limnetic ecosystems: A qualitative and quantitative study on microparticles of different size classes. *Water Res.* **98**, 64-74.

- Imhof, H.K., Rusek, J., Thiel, M., Wolinska, J., Laforsch, C. (2017). Do microplastic particles affect *Daphnia magna* at the morphological, life history and molecular level? *PLoS ONE*. **12**(11): e0187590.
- Jaffe, H.L. and Rosenblum, F.M. (1990). Poly(Vinyl Alcohol) for Adhesives (pp: 401-407). In: Skeist I. (eds), *Handbook of Adhesives*. Vol.22, Springer, Boston, MA.
- Jaikumar, G., Brun N.R., .Vijver, M.G., Bosker,T. (2019). Reproductive toxicity of primary and secondary microplastics to three cladocerans during chronic exposure. *Environ Pollut*. **249**, 638-646.
- Jasnaa, M-L., Jelena, L., Peroa, T., Dubravkaa, Š.J., Varezić, B., Joškob, P. (2018). Levels of trace metals on microplastic particles in beach sediments of the island of Vis, Adriatic Sea, Croatia. *Mar Pollut Bull*. **137**, 231-236.
- Jemec, A., Horvat, P., Kunej, U., Bele, M., Krzanb, A. (2016). Uptake and effects of microplastic textile fibers on freshwater crustacean *Daphnia magna*. *Environ Pollut*. **219**, 201-209.
- Kalliopi, N. and Hrisi, K. (2017). Degradation of Various Plastics in the Environment. *Hazardous Chemicals Associated with Plastics in the Marine Environment*. **78**, 71-92.
- Karlsson, T.M., Vethaak, A.D., Almroth, B.C., Ariese, F., Velzena, M.V., Hassellöv, M., Leslie, H.A. (2017). Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: Method development and microplastic accumulation. *Mar Pollut Bull*. **122**, 403–408.
- Khoshnood, Z., Jaafarzadeh, N., Jamili, S., Farshchi, P., Taghavi, L. (2016). Nanoparticles ecotoxicity on *Daphnia magna*. *Transylv. Rev. Syst. Ecol. Res*. **18**(2), 29-338.
- Kılıç, M. ve Yüce, A. E. (2014). PVC ve PET Atıkların Seçimli Flotasyonu Bölüm 1: Plastikler; Çevresel Etkileri; Geri Dönüşümü, Çukurova Üniversitesi.
- Klein, S., Dimzon, I.K., Eubeler, J., Knepper, T.P. (2018) Analysis, Occurrence, and Degradation of Microplastics in the Aqueous Environment (pp: 51-67). In: Wagner M., Lambert S. (eds) *Freshwater Microplastics*. *HEC*. vol. 58, Springer, Cham.

- Kumar, P.S. and Yaashikaa, P.R. (2019). 1 Introduction-Water (pp: 1-20). *Water in textiles and fashion*. Elsevier Applied Science, London.
- Krebs, C.J. (1999). *Ecological Methodology*. 2nd Edition, Benjamin Cummings, Menlo Park, 620 p.
- Langenheder, S. and Jürgen, K. (2001). Regulation of bacterial biomass and community structure by metazoan and protozoan predation. *Limnol Oceanogr.* **46**, 121-134.
- Lavens, P. and Sorgeloos, P. (1996). Manual on the production and use of live food for aquaculture: Biology and life cycle of *Daphnia*. *FAO Fisheries Technical Paper.* **361**, 283.
- Lavers, J.L. and Bond, A.L. (2017). Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. *PNAS.* **114** (23), 6052-6055.
- Lee, B., Choi, B., Kim, M., Park, J., Jeong, C., Han, J., Lee, J. (2019). The genom of the freshwater water flea *Daphnia magna*: A potential use for freshwater molecular ecotoxicology. *Aquat Toxicol.* **210**, 69-84.
- Lee, S. and Lee, D.K. (2018). What is the proper way to apply the multiple comparison test? *Kore J Anesthesiol.* **71**, 353-360.
- Li, J., Liu, H., Chen, J.P. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Res.* **137**, 362-374.
- Liu, Z. Yu, P., Cai, M., Wu, D., Zhang, M., Huang Y., Zhao, Y. (2019). Polystyrene nanoplastic exposure induces immobilization, reproduction, and stress defense in the freshwater cladoceran *Daphnia pulex*. *Chemosphere.* **215**, **74-81**.
- Luque, M.E. and Fabricius, A.M. (2003). Distribución temporal del fitoplancton y epilíton en el río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Limnetica.* **22**(3-4), 19-34.

- Lusher, A.L., Hernandez-Milian, G., O'Brien, J., Berrow, S., O'Connor, I., Officer, R., (2015). Microplastic and macroplastic ingestion by deep diving oceanic cetacean: the true's beaked whale *Mesoplodon mirus*. *Environ. Pollut.* **199**, 185–191.
- Mandal, S., Muralidharan, C., Mandal, AB. (2019). Water pollution remediation technigues with special focus on adsorption, *Adv res in nanosci for water technol.* 39-68.
- Maman, S.Z. (2016). *Köyceğiz Dalyan Lagün Sistemi'nin Su Kirliliğinin Belirlenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Haritalandırılması*, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Marsic-Lucic, J., Lusic, J., Tutman, P., Bojanić, V.D., Šiljić, J., Pribudić, J. (2018). Levels of trace metals on microplastic particles in beach sediments of the island of Vis, Adriatic Sea, Croatia. *Mar. Pollut. Bull.* **137**, 231–236.
- Meriç, B.T. (2004). Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi.* **28**, 27-38.
- Michels, E. and Mesters, D. (1998). The influence of food quality on the phototactic behaviour of *Daphnia magna* straus. *Hydrobiologia.* **379**, 199-206.
- Miner, B.E., Meester, L.D., Pfrender, M.E., Lampert, W., Jr Hairston, N.G. (2014). Linking genes to communities and ecosystems: *Daphnia* as an ecogenomic model. *Proceedings of The Royal Society.* **279**(1735), 1873-82.
- Mintenig, S.M., Int-Veen, I., Loeder, M.G.J., Primpke, S., Gerdts, G. (2017). Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water Res.* **108**, 365-72.
- Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U. (2013). *Türkiye'de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif.* İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi.
- Myers, P., Espinosa, R., Parr, C.S., Jones, T., Hammond, G.S., Dewey, T.A. (2019). The Animal Diversity Web (online). Accessed at <https://animaldiversity.org>.

- Nasser, F. and Lynch, I. (2016). Secreted protein eco-corona mediates uptake and impacts of polystyrene nanoparticles on *Daphnia magna*. *J. Proteome*. **137**, 45-51.
- Öktem, A.U. ve Aksoy, A. (2014). *Türkiye'nin Su Riskleri Raporu*, İstanbul Bilgi Üniversitesi, İstanbul.
- Özdemir, N. ve Erkmen, J. (2013). Yenilenebilir Biyoplastik Üretiminde Alglerin Kullanımı. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*. **3**, 89-104.
- Özsoy, S. (2009). *Su ve Yaşam: Suyun Toplumsal Önemi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Peters, C.A. and Bratton S.P. (2016). Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA. *Environ pollut*. **210**, 380-387.
- Rezania, S., Park, J., Din, M.F.M., Taib, S.M., Talaiekhosani, A., Yadav, K.K., Kamyab, H. (2018). Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: A review of recent studies. *Mar Pollut Bull*. **133**, 191-208.
- Rose, R.M., Warne, M.J., Lim, R.P. (2002). Some life history responses of the cladoceran *Ceriodaphnia cf. dubia* to variations in population density at two different food concentrations. *Hydrobiologia*. **481**, 157-164.
- Rosenkranz, P., Chaudhry, Q., Stone, V., Fernandes, T.F. (2009). A comparison of nanoparticle and fine particle uptake by *Daphnia magna*. *Environ. Toxicol. Chem.* **28**, 2142-2149.
- Sá, L.C., Oliveira, M., Ribeiro, F., Rocha, T.L., Futter, M.N. (2018). Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *Sci Total Environ*. **645**, 1029–1039.
- Segers, H. and Martens, K. (2005). *The diversity of aquatic ecosystems*. Aquatic biodiversity, II. Published by Springer, Netherlands, 390 p.
- Sert, N. (2018). *Plastik Geri Dönüşüm Tesisinde Atık Yönetimi*, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde.
- Setala, O., Fleming-Lehtinen, V., Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environ Pollut*. **185**, 77-83.

- Stachowitsch, M.(2019). Plastic (pp. 87-158). *The Beachcomber's Guide to Marine Debris*. Springer International Publishing, Spain.
- Stoline, M.R. (1981). The status of multiple comparisons: simultaneous estimation of all pairwise comparisons in one-way ANOVA designs. *Am Stat*; 35: 134-41.
- Sparks, J.N. (1963). Expository notes on the problem of making multiple comparisons in a completely randomized design. *J Exp Educ*. **31**, 343-349.
- Talvitie, J., Heinonen, M., Paakkaonen, J-P. Vahtera E, Mikola A, Setälä O, Vahala R. (2015). Do wastewater treatment plants act as a potential point source of microplastics? Preliminary study in the coastal Gulf of Finland, Baltic Sea. *Water Sci. Technol*. 72(9), 1495-1504.
- Taşkın, A. (2008). *Yakıt Pillerinde Kullanılmak Üzere Polivinil Alkol Bazlı Kompozit Membran Sentezi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Ankara.
- Tramoy, R., Colasse, L., Gasperi, J., Tassin, B.(2019). Plastic debris dataset on the Seine river banks: Plastic pellets, unidentified plastic fragments and plastic sticks are the top 3 items in a historical accumulation of plastics. *Data in Brief*. **23**, 103697.
- Topçu, E.N. ve Öztürk, B. (2010). Abundance and composition of solid waste materials on the western part of the Turkish Black Sea seabed. *Aquat Ecosyst Health & Manag*. **13**(3), 301-306.
- Ustaoglu, M.R. (2004). A check-list for zooplankton of Turkish inland waters. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*. **21**, 191-199.
- Vişne, A. ve Bat, L. (2015). Deniz Çöplerinin Değerlendirilmesi Üzerine Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi Ve Karadeniz'deki Mevcut Durum, *J Aquacult Eng Fish Res*. **1**(3), 104-115.
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmeier, J., Marti, T., Rodriguez-Mozaz, U., Vethaak, R., Winther-Nielsen, A.D., Reifferscheid G. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environ Sci Eur*. **26**, 12.



- Wang, Y., Zhang, D., Zhang, M., Mu, J., Ding, G., Mao, Z., Cao, Y., Jin, F., Cong, Y., Wang, L., Zhang, W., Wang, J. (2019). Effects of ingested polystyrene microplastics on brine shrimp, *Artemia parthenogenetica*. *Environ Pollut.* **244**, 715-722.
- Weiss, L.C., Leimann, J., Tollrian, R. (2015). Predator-induced defences in *Daphnia longicephala*: location of kairomone receptors and timeline of sensitive phases to trait formation. *J Exp Biol.* 218, 2918-2926.
- Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ Pollut.* **178**, 483–492.
- Xiao, Y., Vijver, M.G., Chen, G., Peijnenburg, W.J. (2015). Toxicity and accumulation of Cu and ZnO nanoparticles in *Daphnia magna*. *Environ Sci Technol.* **49**(7), 4657-64.
- Yalım, F.B. ve Çıplak, B. (2005). Digging more deeply into the verrucosa-group of the genus *Alona* (Anomopoda, Chydoridae): *Alona mediterranea* new species from the Mediterranean part of Anatolia (Turkey). *Crustaceana.* **78**, 565-578.
- Yılmaz, B. (2007). *Termokromik Özellik Gösteren Polivinil Alkol Bazlı Jel ve Filmlerin Uv ve Empedans Spektroskopisi Yöntemleriyle İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yurtsever, M. (2015). Mikroplastiklere genel bir bakış. *DEU FMD.* **17**, 68-83.

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad Soyad:** Merve Duygu Şeftalicioğlu

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Malatya 23.11.1987

**Adres:** Fırat Mah. Şefik Tugay Cad. Şenyuva Apt.  
Kat:1/3 MALATYA

**E-Posta:** duygu.merve.yagis@hotmail.com

**Lisans:** İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,  
Biyoloji Bölümü (2008-2013)

**Yüksek Lisans (Varsa):** İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
(2016-2019)

**Mesleki Deneyim ve Ödüller:** Adli Hidrobiyoloji, İnönü Üniversitesi Fen  
Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Malatya,  
Seminer Çalışması, 2017

**Yayın Listesi:**