İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAPANCA VE KÜÇÜKÇEKMECE GÖLLERİNDEN (MARMARA BÖLGESİ) İZOLE EDİLEN BAZI ALG TÜRLERİNDE AĞIR METAL ALIMI VE BİYOLOJİK BİRİKİMİN İNCELENMESİ

Gülşen Uğur BATUR
Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı
İç Sular Biyolojisi Programı

Danışman
Doç.Dr. Meriç ALBAY

Ocak,2007

İSTANBUL

Bu çalışma 05/03/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Temel Bilimler Anabilim Dalı İç Sular Biyolojisi programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Meriç ALBAY (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Prof. Dr. Mustafa TEMEL
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Doç. Dr. Yelda AKTAN
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Doç. Dr. Enis MORKOÇ
Marmara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Yard.Doç. Dr. Hacer OKGERMAN
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin T-698/30062005 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destekten dolayı değerli hocam Doç. Dr. Meriç ALBAY'a; çalışma konusunun seçiminde beni yüreklendiren ve çalışmalarım sırasında her zaman destek olan Yrd. Doç. Dr. Reyhan AKÇAALAN'a ve çalışmada yardımını esirgemeyen Cenk GÜREVİN'e içten dileklerimle teşekkür ederim.

Ağır metal analizlerini yapmama olanak sağlayan İstanbul Üniversitesi Biyoloji Bölümünden Saim ERGENÇ ve Arş. Grv. Murat BELIVERMIŞ'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca desteklerini esirgemeyen değerli İSKİ Atıksu Arıtma Daire Başkanlığına ve Kuzu Toplu Konut İnş.'ye teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmam boyunca her zaman desteklerini yanımda hissettiğim Sevgili Annem Ruşen BATUR, Babam Hayrettin BATUR'a, kardeşim Ezgi Nur BATUR'a Derya DELEN ve Ergin DEMİROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

OCAK, 2007 **GÜLŞEN UĞUR BATUR**

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ i

İÇİNDEKİLER ii

ŞEKİL LİSTESİ iv

TABLO LİSTESİ vi

SEMBOL LİSTESİ vii

ÖZET ix

SUMMARY xi

1. GİRİŞ 1

2. GENEL KISIMLAR 3

2.1. ALGLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ 3

2.2. CHLOROPHYTA (YEŞİL ALGLER)'NIN GENEL ÖZELLİKLERİ 3

2.3. AĞIR METALLER 4

2.4. ÇALIŞMA YERİNİN TANIMI 6

2.4.1. Küçükçekmece Gölü 6

2.4.2. Sapanca Gölü 8

2.5. ÇALIŞMADA KULLANILAN ALG TÜRLERİ 9

2.5.1. *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn. 9

2.5.2. *Mougeotia* sp 10

3. MALZEME YÖNTEM 12

3.1. GÖLLERDE ÖRNEKLERİN ALINMASI VE SUYUN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ 12

3.2. FİTOPLANKTON KÜLTÜRÜ 13

3.3. KÜLTÜRLERE AĞIR METAL EKLENMESİ VE ALG SAYIMI 16

3.4. KURU AĞIRLIK (BİYOMAS) ANALİZİ 16

4. BULGULAR 17

4.1. *MONORAPHIDIUM CONTORTUM* (THUR.) KOM.-LEGN. AĞIR METAL İLAVESİ SONUÇLARI 17

4.1.1. *M. contortum* Kobalt Alım Miktarları 17

4.1.1.1 Kobalt Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları **..... 20**

4.1.1.2 Kobalt Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Biyomas Miktarları **..... 22**

4.1.2. *M. contortum* Nikel Alım Miktarları 25

4.1.2.1 Nikel Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları **..... 28**

4.1.2.2 Nikel Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Biyomas Miktarları **..... 30**

4.1.3. *M. contortum* Çinko Alım Miktarları 33

4.1.3.1 Çinko Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları **..... 36**

4.1.3.2 Nikel Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Biyomas Miktarları **..... 38**

4.2. *MOUGEOTIA* SP. AĞIR METAL İLAVESİ SONUÇLARI 40

4.2.1. *Mougeotia* sp. Kobalt Alım Miktarları 40

4.2.1.1 Kobalt Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları **..... 43**

4.2.1.2 Kobalt Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Biyomas Miktarları **..... 45**

4.2.2. *Mougeotia* sp. Nikel Alım Miktarları 48

4.2.2.1 Nikel Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları **..... 51**

4.2.2.2 Nikel Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Biyomas Miktarları **..... 53**

4.2.3. *Mougeotia* sp. Çinko Alım Miktarları 55

4.2.3.1 Çinko Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları **..... 58**

4.2.3.2 Çinko Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Biyomas Miktarları **..... 60**

5. TARTIŞMA VE SONUÇ 62

KAYNAKLAR 69

ÖZGEÇMİŞ 73

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 : Küçükçekmece Gölü'nün genel görünüşü ve örnek alma istasyonu 6
Şekil 2.2 : Sapanca Gölü'nün genel görünümü 8
Şekil 2.3 : Küçükçekmece gölünden izole edilen *M. contortum***'**un genel görünüşü (orijinal) 10
Şekil 2.4.a : Sapanca Gölü'nden izole edilen *Mougeotia* sp.'nin genel görünüşü (orijinal) …….....10
Şekil 2.4.b : Sapanca Gölü'nden izole edilen *Mougeotia* sp.'nin genel görünüşü (orijinal) …….....11
Şekil 3.1 : Fitoplankton kültür odasının genel görünümü 14
Şekil 3.2 : Üç litrelik damacanalarda yapılan *M. contortum* kültürü.....15
Şekil 3.3 : Onbeşinci gün sonunda 3 litrelik besi yeri, 100'er ml. olacak şekilde 250 ml'lik erlenlere laminar flow altında steril koşullarda paylaştırıldı. Erlenlerde bulunan kültürler 15 günün sonunda ağır metal eklemek için hazır hale getirildi. 15
Şekil 4.1 : 0.2 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi.....18
Şekil 4.2 : 0.4 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi.....18
Şekil 4.3 : 0.8 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi.....19
Şekil 4.4 : 1.6 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi.....20
Şekil 4.5 : Farklı konsantrasyonlarda kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi. 21
Şekil 4.6 : Farklı konsantrasyonda kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi. 23
Şekil 4.7 : 0.2 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi. 26
Şekil 4.8 : 0.4 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi. 26
Şekil 4.9 : 0.8 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi. 27
Şekil 4.10 : 1.6 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi. 28
Şekil 4.11 : Farklı konsantrasyonlarda nikel eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi. 29
Şekil 4.12 : Farklı konsantrasyonda nikel eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi. 31
Şekil 4.13 : 0.2 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi. 33
Şekil 4.14 : 0.4 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi. 33

Şekil 4.15 : 0.8 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi. 35
Şekil 4.16 : 1.6 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi. 35
Şekil 4.17 : Farklı konsantrasyonlarda çinko eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi. 36
Şekil 4.18 : Farklı konsantrasyonda çinko eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi. 38
Şekil 4.19 : 0.2 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi....41
Şekil 4.20 : 0.4 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi....41
Şekil 4.21 : 0.8 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi....42
Şekil 4.22 : 1.6 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi....43
Şekil 4.23 : Farklı konsantrasyonlarda kobalt eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi....44
Şekil 4.24 : Farklı konsantrasyonda kobalt eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi....46
Şekil 4.25 : 0.2 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi 48
Şekil 4.26 : 0.4 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi 49
Şekil 4.27 : 0.8 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi 50
Şekil 4.28 : 1.6 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi 50
Şekil 4.29 : Farklı konsantrasyonlarda nikel eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi....51
Şekil 4.30 : Farklı konsantrasyonda nikel eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi....53
Şekil 4.31 : 0.2 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi....55
Şekil 4.32 : 0.4 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi....56
Şekil 4.33 : 0.8 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi....57
Şekil 4.34 : 1.6 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi....57
Şekil 4.35 : Farklı konsantrasyonlarda çinko eklenen *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi....58
Şekil 4.36 : Farklı konsantrasyonda çinko eklenen *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi....60

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 : Ağır metallerin gerekli kullanım alanları **4**
Tablo 2.2 **:** Küçükçekmece Gölü'nün bazı morfometrik özellikleri.....**7**
Tablo 2.3 **:** Sapanca Gölü'nün bazı morfometrik özellikleri **8**
Tablo 3.1 **:** 15.01.2006 tarihinde Sapanca Gölü'nün örnekleme anında tespit edilen bazı fiziksel ve kimyasal su kalitesi parametre sonuçları **12**
Tablo 3.2 **:** 16.01.2006 tarihinde Küçükçekmece Gölü'nün örnekleme anında tespit edilen bazı fiziksel ve kimyasal su kalitesi parametre sonuçları.....**13**
Tablo 3.3 **:** $BG11^{+}$ besi ortamının içeriği.....**14**
Tablo 4.1 **:** Farklı konsantrasyonda hazırlanan kobalt'ın zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* tarafından alım miktarları **17**
Tablo 4.2 **:** Farklı konsantrasyonda kobalt eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a*(µg/ml) konsantrasyonunun değişimi **20**
Tablo 4.3 **:** Farklı konsantrasyonda hazırlanan kobalt'ın zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* biyoması (µg/ml) üzerine etkisi.....**23**
Tablo 4.4 **:** Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan nikel'in zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* tarafından alım miktarları **25**
Tablo 4.5 **:** Farklı konsantrasyonda nikel eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a* (µg/ml) konsantrasyonunun değişimi **28**
Tablo 4.6 **:** Farklı konsantrasyonda hazırlanan nikel'in zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* biyoması (µg/ml) üzerine etkisi **31**
Tablo 4.7 **:** Farklı konsantrasyonda hazırlanan çinko (Zn)'nun zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* tarafından alım miktarları.....**33**
Tablo 4.8 **:** Farklı konsantrasyonda çinko eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a* (µg/ml) konsantrasyonunun değişimi **36**
Tablo 4.9 **:** Farklı konsantrasyonda hazırlanan çinko'nun zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* biyoması (µg/ml) üzerine etkisi.....**38**
Tablo 4.10 **:** Farklı konsantrasyonda hazırlanan kobalt'ın zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. tarafından alım miktarları **40**
Tablo 4.11 **:** Farklı konsantrasyonda kobalt eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a* (µg/ml) konsantrasyonunun değişimi.....**43**
Tablo 4.12 **:** Farklı konsantrasyonda hazırlanan kobalt'ın zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. biyoması (µg/ml) üzerine etkisi **46**
Tablo 4.13 **:** Farklı konsantrasyonda hazırlanan nikel'in zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. tarafından alım miktarları **48**
Tablo 4.14 **:** Farklı konsantrasyonda nikel eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a*(µg/ml) konsantrasyonunun değişimi **51**
Tablo 4.15 **:** Farklı konsantrasyonda hazırlanan nikel'in zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. biyoması (µg/ml) üzerine etkisi **53**
Tablo 4.16 **:** Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan çinko (Zn)'nun zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. tarafından alım miktarları.....**55**

Tablo 4.17 **:** Farklı konsantrasyonda çinko eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a* (µg/ml) konsantrasyonunun değişimi.....**58**
Tablo 4.18 **:** Farklı konsantrasyonda hazırlanan çinko'nun zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. biyoması (µg/ml) üzerine etkisi **60**
Tablo 4.19 **:** *M. contortum* kültürlerine değişik konsantrasyonlarda eklenen kobalt çinko ve nikelin yedi gün sonunda alım oranları, klorofil-a ve biyomass üzerine etkisi…….....**64**
Tablo 4.20 **:** *Mougeotia* sp. Kültürlerine değişik konsantrasyonlarda eklenen kobalt, çinko ve nikelin yedi gün sonunda alım oranları, klorofil-a ve biyomass üzerine etkisi…….....**64**

SEMBOL LİSTESİ

Ag : Gümüş
Al : Aliminyum
As : Arsenik
Ba : Baryum
Cd : Kadmiyum
Co : Kobalt
Cr : Krom
Cu : Bakır
Eİ : Elektriksel iletkenlik
Fe : Demir
Hg : Civa
Li : Lityum
Ni : Nikel
NO_2 : Nitrit
NO_3 : Nitrat
o-PO_4 : Orto fosfat
Pb : Kurşun
Sb : Antimon
Se : Selenyum
TÇK : Toplam çözünmüş katı
Ti : Titan
TP :Toplam Fosfor
U : Uranyum
Zn : Çinko

ÖZET

SAPANCA VE KÜÇÜKÇEKMECE GÖLLERİNDEN (MARMARA BÖLGESİ) İZOLE EDİLEN BAZI ALG TÜRLERİNDE AĞIR METAL ALIMI VE BİYOLOJİK BİRİKİMİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada Küçükçekmece ve Sapanca Göllerinden izole edilen *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn**.** ve *Mougeotia* sp**.**'nin ağır metal alım oranları ve eklenen ağır metallerin algal gelişme ve klorofil-*a* içeriğine etkisi araştırıldı. Bu amaçla seçilen ağır metallerden (Kobalt (Co), Nikel (Ni), Çinko (Zn)) hazırlanan serilerden (0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml) eklemeler yapıldı. Ağır metallerin *M. contortum* ve *Mougeotia* sp**.** üzerindeki etkisini görmek amacı ile eklemeden 5 dakika, 30 dakika, 1 gün, 3 gün ve 7 gün sonra kültürlerden örnekler alınarak alglerin ağır metalleri adsorblama kapasiteleri, klorofil-*a* içerikleri ve algal biyomas değerleri hesaplandı.

Elde edilen sonuçlara göre; kobalt eklenen *M. contortum* ve *Mougeotia* sp. kültürlerinde en yüksek alım bütün konsantrasyonlarda genel olarak birinci gün sonunda gerçekleşti. Burada dikkati çeken en önemli nokta; *M. contortum* kültürlerinde 0.2, 0.4, 0.8 µg/ml kobalt eklenen kültürlerde 7. gün sonundaki klorofil-*a* miktarındaki artış oranlarıydı. Artış oranları 0.2 µg/ml, 0.4 µg/ml ve 0.8 µg/ml kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerinde sırası ile % 36'lik de % 32'lik ve % 1 oldu. *Mougeotia* sp. kültürlerinde ise sadece yine 7 gün sonunda 0,8 µg/ml konsantrasyonda klorofil-*a* miktarında % 23'lük artış kaydedildi.

Nikel eklenen *M. contortum* kültürlerinde de en yüksek alım kobalt eklemesinde olduğu gibi birinci günün sonunda en yüksek değerine ulaşırken, *Mougeotia* sp. kültürlerinde alım oranı düşük bulundu. *Mougeotia* sp. kültürlerinde en yüksek alım 1.6 µg/ml kobalt eklenen kültürlerde yedinci gün sonunda gerçekleşti. Ölçülen parametrelerden klorofil-*a* konsantrasyonu *M. contortum***'**da *Mougeotia* sp.'ye göre daha yüksek bulundu. Genel olarak kobalt eklenmiş *M. contortum* kültürlerin de olduğu gibi, nikel eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde de klorofil-*a* konsantrasyonu oldukça yüksek seviyelerde ölçüldü. En yüksek biyomas kaybı her iki tür için de 1.6 µg/ml konsantrasyonunda nikel eklenen kültürlerde üçüncü gün sonunda kaydedildi.

Çinko eklenen *M. contortum* kültürlerinde alım oranı oldukça yüksek oranda bulunurken; *Mougeotia* sp. kültürlerinde bu oran daha düşük oldu. *M. contortum* kültürlerindeki klorofil-*a* konsantrasyonu yedinci gün sonunda diğer ağır metallerde olduğu gibi en yüksek değerine ulaştı. 0.2 µg/ml, 0.4 µg/ml ve 1.6 µg/ml çinko eklenen *M. contortum* kültürlerinde 30 dakika sonunda sırasıyla % 4, % 20 ve % 1'lik bir artış görülürken 0.8 µg/ml'de % 3'lük bir azalma oldu. Çinko eklenen *Mougeotia* sp. kültüründe ise biyomasta artış sadece 0.2 µg/ml konsantrasyonda % 8'lik oranla 7. günün sonunda oldu.

SUMMARY

INVESTIGATION OF HEAVY METAL ABSORPTION AND ACCUMULATION IN SOME ALGAL SPECIES ISOLATED FROM LAKE SAPANCA AND KÜÇÜKÇEKMECE

In this study, it is investigated the heavy metal absorption of *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn.and *Mougeotia* sp**.,** which is isolated from Lake Sapanca and Küçükçekmece, and the effects of heavy metals on algal growth and chlorophyll-*a*. For this purpose, the series (0.2, 0.4, 0.8 and 1.6 μg/ml) of heavy metals (Cobalt, Nickel and Zinc) were added. Subsamples were taken each 5 min, 30 min, 1 day, 3 days and 7 days after heavy metal addition to observe the effects of heavy metals on *M. contortum* and *Mougeotia* sp. and the absorption capacity, chlorophyll-*a* contents and algal biomass were calculated.

According to the results, maximum absorption of cobalt by *M. contortum* and *Mougeotia* sp in all concentrations was measured at the end of first day of addition. The important point is, in *M. contortum* cultures which had 0.2, 0.4, 0.8 μg/ml cobalt, chlorophyll-*a* concentrations increased at the end of seventh day and the rates of increment were 36 %, 32 % and 1 % in the addition of 0.2, 0.4, 0.8 μg/ml cobalt, respectively. On the other hand, in *Mougeotia* sp. cultures 23 % increase in chlorophyll-*a* concentrations were measured in 0.8 μg/ml cobalt addition at seventh day.

While in nickel added to the *M. contortum* cultures, absorption reached to maximum at the end of first day, absorption rate was low in *Mougeotia* sp. cultures. Maksimum absorption was measured in *Mougeotia* sp. cultures at the end of seventh day in the 1.6 μg/ml. Chlorophyll-*a* concentrations was higher in *M. contortum* than *Mougeotia* sp. Like Cobalt addition, nickel addition has also resulted in an increase in chlorophyll-*a* concentrations in *M. contortum* cultures. The maximum loss of biomass was recorded in 1.6 μg/ml concentration after three days.

In zinc addition, absorption rate was higher in *M. contortum* cultures than *Mougeotia* sp. cultures. Chlorophyll-*a* concentrations reached to maximum value at the end of

seventh day like other heavy metals. In addition of 0.2, 0.4, 0.8 and 1.6 μg/ml to *M. contortum* cultures, biomass was increased to 4, 20 and 1 %, respectively. On the other hand, biomass was decreased to 3 % by the addition of 0.8 μg/ml of zinc. By the addition of 0.2 μg/ml zinc to a culture of *Mougeotia* sp., increase in biomass was only 8 % after seven days.

1. GİRİŞ

Plansız bir şekilde gelişen sanayileşmenin sonucu olarak ortaya çıkan ağır metal kirlenmesinin etkisi ülkemizde daha çok İstanbul, İzmir, Kocaeli gibi sanayinin çok geliştiği şehirlerimizde yoğun şekilde hissedilmektedir. Çeşitli sanayi kollarından hiçbir arıtma işlemi uygulanmadan göl, rezervuarlar, lagünar alanlar ve haliçlere verilen ağır metaller su ortamında bulunan canlılara (bakteri, alg, zooplankton, omurgasız, balık, memeliler, makrofitler ve kuş gibi) çeşitli şekillerde zarar verebilmekte, bu canlılarda birikim yapabilmekte, bu canlı grubunun herhangi birisi ile beslenen insanlar ve diğer canlılar üzerinde de toksik etki gösterebilmektedir. Örneğin civa ile yoğun şekilde kirletilen Japonya'nın Minamata körfezdeki balıklar ile beslenen kuşların önce uçmalarında anormallikler görülmüş daha sonra ise ölümler kaydedilmiştir. Takip eden yıllarda ise körfez çevresinde oturan ve körfezden toplanan omurgasızları tüketen insanların merkezi sinir sistemlerinde bozukluklar, vücutlarında kasılmalar, yürürken sendeleme, salya çıkarma gibi rahatsızlıklar görülmeye başlanmış, yeni bebeklerde ise ölüm vakaları dahil önemli sağlık sorunlarına rastlanmıştır (Connell ve diğ., 1999).

Ağır metallerin yukarıda da anlatılan etkilerini ve öngörülemeyen diğer etkilerini daha iyi anlayabilmek için ya sahada doğal ortama yakın ortam oluşturularak ağır metallerin canlılar üzerindeki etkileri ve olası taşınım mekanizmaları araştırılmakta (mezokozm çalışmaları ile) ya da bu çalışmalar laboratuarda daha kontrollü bir ortamda denenmektedir. Şimdiye kadar yapılan çalışmaların önemli bir bölümü kısa sürede ve doğal ortama yakın sonuçlar verdiği için algler (fitoplankterler) kullanılarak yapılmıştır (Berk ve diğ., 1987 ; Dönmez ve Aksu, 2001; Chmielewska ve Medved, 2001; Pinto ve diğ., 2003; Azab ve diğ., 2004). Bu çalışmalarda seçilen algler üzerine belli konsantrasyonlarda eklenen ağır metallerin alglerde birikimi, oluşturduğu stres, ortamdaki ağır metal iyonlarını uzaklaştırma kapasiteleri ve ağır metal iyonlarının alglerin büyümelerine etkisi gibi çeşitli konularda yoğunlaşmıştır. Bir yandan ağır metallerin en basit organizmalar olan alglerde birikimlerinin hesaplanması ve böylece ağır metal alımının besin zinciri halkasını nasıl etkileyeceğinin en kısa ve en güvenilir

şekilde ortaya koyması, öte yandan da metal iyonlarının algler kullanılarak ortamdan uzaklaştırılması metallerin kimyasal çöktürme ve iyon değiştirme işlemleri gibi geleneksel yöntemlere alternatif oluşturması nedeni ile bu konudaki araştırmalar bilim ve teknolojiye önemli katkılar sağlamaktadır. Bu yüzden son yıllarda bu tür araştırmalar yaygın şekilde birçok ülke tarafından kabul görmektedir.

Canlı hücrelerin çevrelerinden metal iyonlarını alarak hücre içinde biriktirmeleri bilinen bir özelliktir. Sularda yaşayan pek çok mikroorganizma türü de ağır metal iyonlarını hücreleri içinde biriktirebilmektedir. Ölü hücrelerin de yüzeylerindeki aktif merkezlerle yüzey adsorpsiyonu, kompleks ve şelat oluşumu ve yüzey çöktürme gibi mekanizmalarla ağır metal iyonlarını ortam pH'sına bağlı olarak adsorplama özelliği vardır. Bu tip bir adsorpsiyon biyosorpsiyon olarak adlandırılmaktadır (Holan ve Volesky, 1994; Sandau ve diğ., 1996; Aksu ve diğ., 1992). Yeşil alglerin (Chlorophyta) yüksek kapasiteyle ağır metal adsorpladığı da bilinmektedir (Wilde ve Benemann, 1993; Aksu ve diğ., 1992; Dönmez ve diğ., 1999).

Bu çalışmada Küçükçekmece ve Sapanca Göllerinden alınan su örneklerinden izole edilen *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn. ve *Mougeotia* sp**.** üzerine seçilen Kobalt (Co), Nikel (Ni), Çinko (Zn) elementlerinden 0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml konsantrasyonlarda eklenerek hangi konsantrasyonlardaki iyonların fitoplankterlerin büyümeleri üzerine sınırlayıcı etki yaptığı karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve seçilen fitoplankterlerin ağır metalleri adsorblama kapasitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Dolaylı olarak da seçilen fitoplankterlerin son yıllarda sanayide alternatif metot olarak kullanılan ağır metal giderimindeki etkileri de araştırılmış olacaktır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ALGLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Büyük çoğunluğu klorofil taşıyan, vücutları ya tek hücre ya da çok hücreli yapıya sahip; çok hücreli olduğu halde kök, gövde, yaprak gibi şekillere farklılaşmamış fotosentetik organizmalardır. Ototrof olan bu canlılar, ışıkta fotosentez yolu ile karbondioksit ve inorganik maddelerden yüksek enerji potansiyeline sahip organik bileşikler yaparlar. Protein ürettiklerinden dolayı, fitoplankterler iç sularda (göl, akarsu, lagün ve barajlarda) ve denizlerdeki besin zinciri ve besin ağının oluşmasında en önemli halkayı oluşturur. Fotosentetik canlılar olmaları nedeni ile sucul ortamda su tabakasının daha çok ışık alan üst kesimlerinde dağılım göstermektedirler. Morfolojik olarak da çok çeşitlilik göstermektedirler. Bu organizmalar tek hücreliden, koloniyal forma, ipliksi biçimden şeritsi yapraksı ve ağaçsı biçimlere kadar farklı dış görünüşlerde olabilirler. Her alg grubu kendine özgü karakteristik renge sahiptirler (Cirik ve Gökpınar, 1993).

Algler deniz, göl, gölcük, baraj gölü, akarsu, haliçlerin yanı sıra, nemli toprakların üzerinde ve 1 mm. kadar toprak altındaki derinlikte, nemli ağaç gövdeleri ve su sızdıran kayalar gibi bölgelerde de yaşayabilirler.

2.2. CHLOROPHYTA (YEŞİL ALGLER)'NIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Yeşil algler olarak tanımlanan bu grubun üyeleri çok değişik morfolojik yapılara sahiptirler; hareketli veya hareketsiz, tek hücreli, kamçılı veya kamçısız, koloni oluşturan, dallanmış veya dallanmamış ipliksi, tüpümsü, yassı, zarsı yapıda olabilir. Pigment maddelerinden klorofil-*a* ve klorofil-*b*, karoten ve ksantofilin rengini örttüğünden yeşil görünürler. Fotosentez ürünü nişastadır. Hücrelerindeki kloroplastları kadeh, şerit, disk, halka, ağ, spiral, yıldız şeklinde olup sayıları bir veya daha fazladır. Çoğunluğunda pirenoid vardır. Hücre zarları selülozdandır. Eşeysiz üreme tek

hücrelilerde hücre bölünmesi, çok hücrelilerde fragmentasyonla, eşeyli üreme izogami, anizogami ve oogami ile olur (Cirik ve Gökpınar, 1993).

Türlerin yaklaşık % 10'u denizlerde, geri kalan % 90'lık kısmı ise tatlısularda yaşar. Tatlısularda yaşayanların, özellikle tek hücreli ve koloni olanların çoğu planktoniktir. Diğerleri, güneş ışığının erişebileceği derinliklere kadar kıyılarda, sedimanların üzerinde, taşların veya diğer bitkilerin üzerine tutunmuş olarak yaşarlar.

2.3. AĞIR METALLER

Periyodik tabloda yoğunlukları 5'ten daha fazla olan elementler ağır metal olarak kabul edilmektedir. Metaller doğal olarak oluşur ve birçoğu ekosisteminin en önemli birleşenleridir. Oksidasyon halleri ve eşgüdüm sayılarının geniş dağılımı ile çevrede bulunurlar ve bu farklılıklar onların toksisitesiyle ilişkilidir. Bakır ve çinko yaşam için hayati öneme sahipken, kurşun ve civa gibi metallerin yararlı biyokimyasal işlevleri olup olmadığı tam olarak bilinmemektedir. Ağır metallerin kullanım alanları ve isimleri Tablo 2.1 de verilmiştir.

Tablo 2.1 Ağır metallerin kullanım alanları (Uslu ve Türkman, 1987)

Kullanılan Alanlar	Kullanılan Ağır Metal
Deri Endüstrisi	Cr, Hg
Kömür Endüstrisi	Co, Cd, Al, Li
Termal Güç Santrali	Sb, Ba, U
Boya Endüstrisi	Cr, Zn, Pb, Se, As, Ti, Ba
Madencilik Endüstrisi	Zn, Cu, Ni, Cr, Pb
Elektrik Güç Santrali	Cr, Cu, Fe, Ni, Zn
Petro Kimya Endüstrisi	Zn, Cr, Cu, Pb
Metal Endüstrisi	Zn, Ni, Co, Cr, Pb, Ag, Al
Otomobil Yağı	Pb, Ni
Gübre Sanayi	Zn
Evsel Atıklar	Fe, Cu, Zn, Ag
Makine Sanayi	Zn, Ni, Cu, Fe , Cd

Metallerin meydana getirdiği çevre kirliliği madencilik ve endüstriyel aktivitelerin yoğunlaşmasıyla 19. ve 20. yüzyılda artmıştır. Çeşitli antropojenik kaynakların (endüstriyel atıklar, atıksu arıtma tesisleri, tarımsal fungisitler ve madencilik faaliyetleri) sayılarının artmasından kaynaklanan bu kirleticiler ekosistemleri çok etkilemektedir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, insan faaliyetleri toksik kirlilikle ilişkilidir (Pinto ve diğ., 2003). Ağır metaller hayati öneme sahip olanlar ve olmayanlar şeklinde iki kategoriye ayrılabilir. Örneğin, bakır, çinko, nikel ve krom gibi bazı ağır metallerin çok düşük konsantrasyonları (iz miktarları) büyüme için öneme sahiptir fakat yüksek konsantrasyonları toksik etki yapmaktadır (El-Sheekh ve diğ, 2003).

Vücut için gerekli ağır metaller, organizma metabolizmasında önemli rol oynarlar. Bazıları metabolizma da önemli biyolojik moleküllerdir ve enzim sistemlerinde koenzim olarak görev yaparlar. Besin zincirinin bir sonraki halkasına geçtiğinde toksik etkileri artabilmektedir. Ağır metaller sucul ortamda doğal olarak çok az miktarda bulunmaktadır. Fakat günümüzde insan aktivitelerinden dolayı özellikle endüstriyel, tarımsal, madencilik ve evsel atıklardan dolayı miktarları giderek artış göstermektedir.
Ağır metallerin etkisi çok geniştir. Genellikle ağır metaller;

- Hücre geçirgenliğinde iyonik dengeyi bozar.
- Enzim fonksiyonlarını bozarak fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonların inhibe edilmesine etkendirler.
- Hormonların yapısını etkileyerek üreme ve diğer sistemlerde zararlı etki gösterebilmektedir.
- Populasyon yoğunluğunu bozarak, kommunite yapısına ve ekosistemin işleyişine etki ederler.

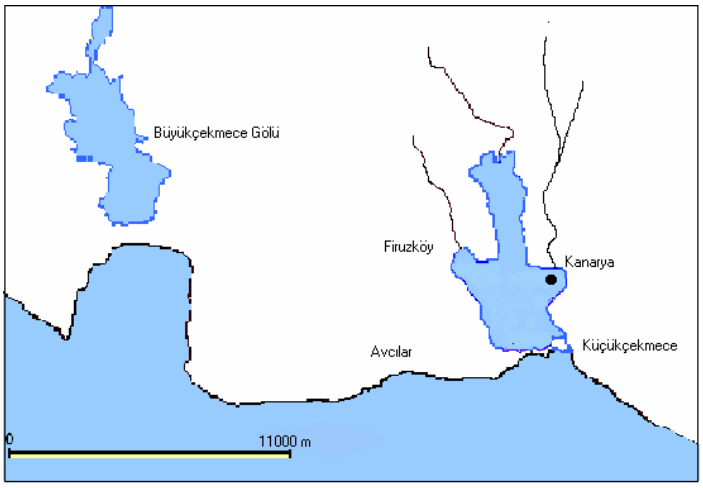
Ağır metaller, sucul ortamda iyon halinde bulunurlar ve tipik kirletici özelliktedirler. Bu toksik iyonlar direk organizmalara veya onların tüketicilerine zarar verirler. Suya girdikten sonra ilk olarak sedimana taşınırlar bazıları ise canlının kendisi tarafından alınır. Su ortamında organizmalar ağır metallerden doğrudan ve dolaylı olarak etkilenirler. Direk alımlarda organizmaların biyokimyasal reaksiyonlarını bozarlar veya dolaylı olarak organizların dokularında birikip, diğer organizmalara taşınarak etkili olurlar. Örneğin çinko (Zn) su bitkilerinin klorofil yapısı, protein sentezi, solunum ve fotosentezi üzerinde etkilidirler.

Ağır metallerin toksik etkisi, metalin kimyasal yapısı, miktarı veya dozu, vücuda giriş şekli, süresi, ortam, türün özelliği ve bulunduğu ortamın fizikokimyasal özellikleri; sertlik, oksijen, pH, alkalinite, sıcaklığa göre değişiklik göstermektedir. Bazı ağır metaller, kanserojenik ve mutajenik olarak DNA üzerine etki göstererek, kanser mutasyonuna neden olurlar. Diğer ağır metaller ise, hücre seviyesinde çeşitli gruplara bağlandıktan sonra biyokimyasal fonksiyonlarda bozukluk meydana getirmektedir. Bazıları ise canlıda stres yaratarak, hormonal anormalliklere neden olmaktadır. Tek hücreli canlılarda "Aktif Taşıma" sistemi ile, çok hücreli canlılarda "Pasif Taşıma" sistemi ile, çok hücrelilerde "pinositoz" veya solungaç, solunum ve ağız yolu ile olmaktadır (Pinto ve diğ. 2003).

2.4. ÇALIŞMA YERİNİN TANIM

2.4.1. Küçükçekmece Gölü

Küçükçekmece Gölü'nün genel görünümü Şekil 2.1 ve bazı morfometrik özellikleri Tablo 2.2. de verildi.



Şekil 2.1 Küçükçekmece Gölü'nün genel görünüşü ve örnek alma istasyonu

Tablo 2.2 Küçükçekmece Gölü'nün bazı morfometrik özellikleri (Albay ve diğ., 2005)

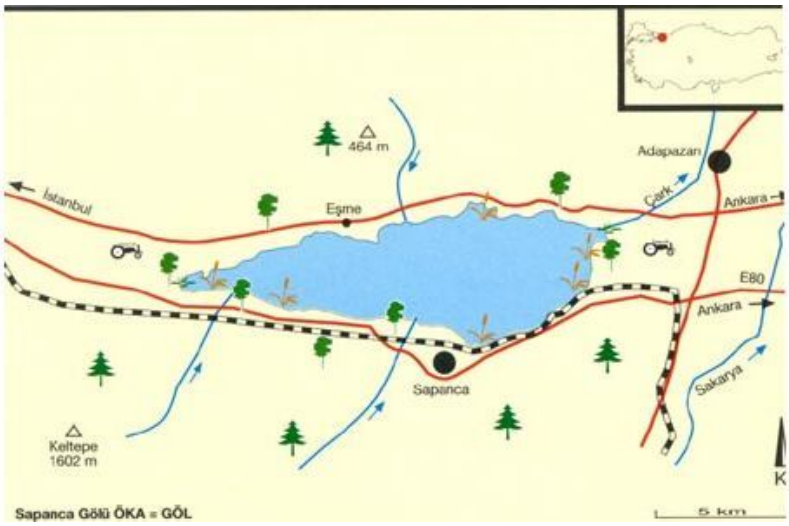
Temel Özellikler		
Denizden Yüksekliği	:	Deniz Seviyesi
Uzunluğu	:	10 km.
Genişliği	:	6 km.
En derin Yeri	:	20 m.
Göl Alanı	:	15 km^2

İstanbul'un batısında ($41^0$00'N – $28^0$43'E) Marmara Denizi kıyısında yer alır. Son jeolojik dönemdeki buzulların erimesi ve deniz seviyesinin yükselmesi sonucu önce koy sonrada kıyı kordonuyla kaplanmıştır. Doğusunda Nakkaşdere, batısında Eşkinoz ve bunlar arasında kalan Sazlıdere'den beslenen Küçükçekmece Gölü'nün kuzey-güney doğrultusundaki uzunluğu 10 km., en geniş yeri ise yaklaşık 6 km.'dir. Göl küçük bir kanal ile Marmara Denizi'ne açılmaktadır. Sınırlı da olsa bu kanal ile su alışverişi, mevcuttur. Suyunun % 0.6 – 0.8 tuzluluk içermesi nedeni ile bir lagün gölü olarak da anılmaktadır.

Kuzeyinde sazlık alan dışında, kıyılarda çok seyrek bir bitki örtüsü vardır. Göl İstanbul metropolitan alanı içerisinde yer alması nedeni ile her türlü kirleticinin etkisi altında kalmaktadır. Son otuz yılda göl kıyısında bulunan 200'ü aşkın sanayi tesisi atıklarını doğrudan ya da dolaylı olarak göle boşaltmaktadır. Göl çevresinde göreceli olarak az tahribata uğramış ağaçlık alanlar mevcuttur. Gölün doğusunda Nükleer Enerji Araştırma Merkezi ve askeri alan mevcuttur. Gölün kuzeyinden otoyol geçmektedir. 1995 yılında kuzeyde Sazlıdere üzerinde kurulan içme suyu amaçlı barajın tamamlanmasıyla göle tatlı su akışı azalmış, deniz suyu sızıntısına bağlı olarak, gölde zaman içerisinde tuzluluğun artması tehlikesi belirmiştir. Su kalitesindeki aşırı bozulma nedeni ile göl de balıkçılık yapılamamaktadır (Albay ve diğ., 2005).

2.4.2. Sapanca Gölü

Sapanca Gölü'nün genel görünümü Şekil 2.2 ve bazı morfometrik özellikleri Tablo 2.3 de verildi.



Şekil 2.2. Sapanca Gölü genel görünümü (Yarar ve Magnin,1994)

Eskiden Marmara Denizi'ne bağlı olan ve Sakarya Nehri ile beslenen bir tatlı su gölüdür. Sakarya'nın taşıdığı sedimanlar gölü denizden ayırmış, bunun sonucunda nehirde yatağını değiştirerek Karadeniz'e akmaya başlamıştır. Gölün tek gideri Adapazarı'nın kuzeyinde Sakarya Nehri'ne karışan Çark Suyu'dur. Gölün bütünüyle tarım alanları, meyve bahçeleri, ve büyük kavaklıklarla çevrilmiştir. Kıyılarda küçük sazlık alanlar vardır, ancak geniş bataklık bitki örtüsü sadece doğudadır. Gölün kuzey ve güneyinden büyük otoyollar ve bir demiryolu geçmektedir.

Tablo 2.3. Sapanca Gölünün bazı morfometrik özellikleri (Akcaalan, 2004)

Temel Özellikler	
Havza alanı	311 km^2
Denizden Yüksekliği	30 m.
Uzunluğu	16 km.
Genişliği	6 km.
En derin Yeri	55 m.
Kıyı Uzunluğu	39 km.
Göl Alanı	46.8 km^2

1984 yılında tamamlanan bir taşkın kontrolü çalışması, gölün doğusunda 120 ha bataklığı kurutmuştur. Son 30 yılda, güneybatı tarafındaki geniş subasar ormanlar tahrip edilerek, kavaklık ve mısır tarlalarına dönüştürülmüştür. Göl suyu tarımsal sulamada kullanılmamaktadır. Yüksek kalitedeki suyuyla tanınan göl bugün su toplama havzasında sayıları hızla artan endüstri tesislerinin, yerleşim birimlerinin ve tarım alanlarının arıtılmamış atıksularının yol açtığı kirlilik sorunuyla karşı karşıyadır. Göl suyu çevredeki çeşitli endüstriyel tesisler tarafından da çekilmektedir.

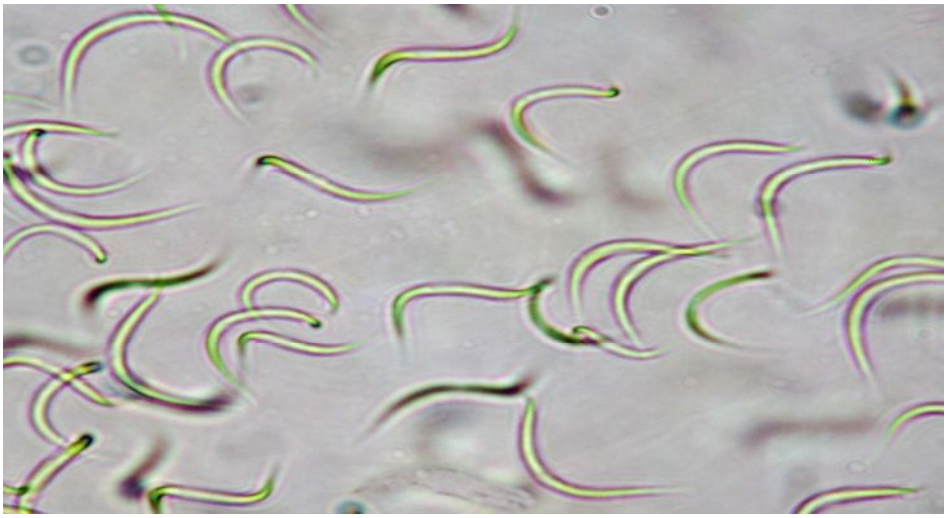
2.5. ÇALIŞMADA KULLANILAN ALG TÜRLERI

Küçükçekmece Gölü'nden izole edilen *Monoraphidium contortum* ve Sapanca Gölü'nden izole edilen *Mougeotia* sp.'nin ışık mikroskobunda çekilmiş resimleri Şekil 2.3, Şekil 2.4.a ve Şekil 2.4.b'de verildi.

2.5.1. *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn.

Alem : Plantae
Divizyo : Chlorophyta
Sınıf : Chlorophyceae
Ordo : Chlorococcales
Familya : Oocystaceae
Tür : *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn.

Hücre yapıları fusiform yapıdadır. Uca doğru incelerek sonlanır.12-18 µm uzunlukta, 1-2 µm genişliktedir. 2 kloroplasta sahiptirler. Pirenoidleri yoktur. Hücre bölünmesinde 2, 4 veya 8 otospor üretirler.



Şekil 2.3 Küçükçekmece Gölü'nden izole edilen *M. contortum*'un genel görünüşü (orjinal).

2.5.2. *Mougeotia* sp.

Alem : Plantae

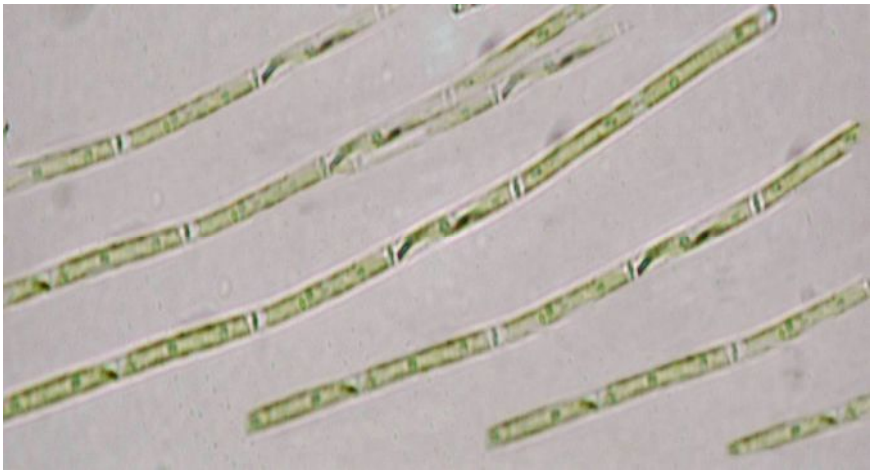
Divizyo : Chlorophyta

Sınıf : Chlorophyceae

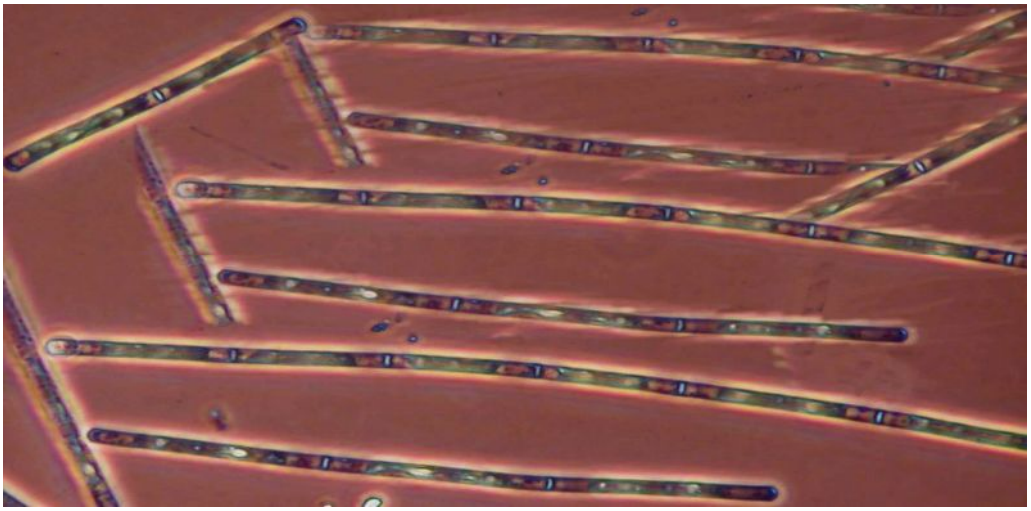
Ordo : Zygnematales

Familya : Zygnemataceae

Tür :*Mougeotia* sp.



Şekil 2.4.a Sapanca Gölü'nden izole edilen *Mougeotia* sp.'nin genel görünüşü (orjinal)



Şekil 2.4.b Sapanca Gölü'nden izole edilen *Mougeotia* sp.'nin genel görünüşü (orjinal)

Mougeotia dallanmamış, ipliksi algdir. Hücre çeperi karakteristik olarak düz ve paralel dizilmiştir. *Mougeotia* sp. hücreleri 1 veya 2 tabak benzeri kloroplastlara sahiptir. Herbir kloroplast bir sırada saçılmış veya düzenli şekilde çeşitli pirenoidlere sahiptir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. GÖLLERDE ÖRNEKLERİN ALINMASI VE SUYUN FİZİKSEL-KİMSAYAL ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ

Örnekleme dikey örnekleme yapabilen plankton kepçesi (göz aralığı Ø = 55µm) kullanılarak yapıldı. Kepçe ile yoğunlaştırarak alınan örnekler örnekleme şişelerine konularak laboratuara getirildi. Örnekleme anında göl suyunun sıcaklığı, pH'sı, elektriksel iletkenliği (Eİ), toplam çözünmüş katıları (TÇK) ve seki disk derinliği ölçüldü. Ölçümlerde WTW marka multiparametre kullanıldı. Ölçülen bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 3.1 ve 3.2 de verildi. Diğer ölçümler APHA-AWWA (1989)'a göre yapılmıştır.

Tablo 3.1 15.01.2006 tarihinde Sapanca Gölü'nün örnekleme anında tespit edilen bazı fiziksel ve kimyasal su kalitesi parametre sonuçları

Parametreler	Birim	
Sıcaklık	^{o}C	15.3
Elektriksel İletkenlik	µS/cm	252
pH		7.57
TÇK	mg/l	121
Seki Diski Derinliği	m	5.3
NO_2+NO_3	µg/l	72
o-PO_4	µg/l	12
TP	µg/l	46

Tablo 3.2 16.01.2006 tarihinde Küçükçekmece Gölü'nün örnekleme anında tespit edilen bazı fiziksel ve kimyasal su kalitesi parametre sonuçları

Parametreler	Birim	
Sıcaklık	^{o}C	16.2
Elektriksel İletkenlik	mS/cm	9520
pH		7.57
Seki Diski Derinliği	m	0.94
Tuzluluk	%0	6.8
NO_2+NO_3	µg/l	4820
o-PO_4	µg/l	580
TP	µg/l	960

Sapanca Gölü'nden toplanan *Mougeotia* sp. ve Küçükçekmece Gölü'nden toplanan *Monoraphidium contortum* İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İçsular Biyolojisi Anabilim Dalı kültür odasında $BG11^{+}$ ortamında (Rippka, 1979) kültüre alındı. Klorofil-*a* ölçümü Nusch (1980)'un yöntemine göre, fitoplankton sayımları, Utermöhl (1958) tekniğine göre yapıldı. Fitoplankter sayımları için örneklerin üzerine lugol eklendi, daha sonra çökmesi için 24 saat beklendi. Ertesi gün sayım kamaralarına aktarılan örnekler 16 saat daha beklemeye bırakıldıktan sonra Nikon marka inverted mikroskopta sayım işlemleri gerçekleştirildi.

3.2. FİTOPLANKTON KÜLTÜRÜ

Sapanca ve Küçükçekmece göllerinden getirilen su örnekleri mikroskop altında incelenerek baskın türler olarak *Mougeotia* sp. ve *M. contortum* belirlendi. Daha sonra bu türlerin çoğalmaları için $BG11^{+}$ kültür ortamı hazırlandı. Bunun için Tablo 3.3 de verilen şekilde hazırlanan $BG11^{+}$ besi ortamı 100'er ml olacak şekilde 250 ml'lik erlenlere paylaştırıldıktan sonra 121 ^{o}C'de, 20 dakika süre ile otoklavda steril hale getirildi.

Tablo 3.3 $BG11^{+}$ besi ortamının içeriği

İçerik	g l^{-1}
$NaNO_3$	1.5
$K_2HPO_4.3H_2O$	0.04
$MgSO_4.7H_2O$	0.075
$CaCl_2.2H_2O$	0.036
Citric Acit	0.006
Demir Amonyum Sitrat	0.006
EDTA	0.001
Na_2CO_3	0.02
İz elementler A5+Co	1 ml
Deionize su	1 l
pH	7.4

Steril hale getirilen 100 ml BG 11^{+} besi ortamına Sapanca ve Küçükçekmece göllerinden getirilen ve içerisinde yoğun şekilde *Mougeotia* sp. ve *M. contortum* olan su örnekleri ekimi yapıldı ve kültürler uygun sıcaklık (24±1 ^{o}C) ve ışık şiddeti (5000 lüks) ortamında çoğalmaya bırakıldı (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Fitoplankton kültür odasının genel görünümü

Onbeşinci günün sonunda 100 ml'lik erlenlerde çoğalma sağlandıktan sonra kültür ortamı, havalandırma düzeneği ile desteklenen 3 litrelik $BG11^{+}$ besi ortamına transfer edildi (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Üç litrelik damacanalarda yapılan *M. contortum* kültürü



Şekil 3.3 Onbeşinci gün sonunda 3 litrelik besi yeri, 100'er ml. olacak şekilde 250 ml'lik erlenlere laminar flow altında steril koşullarda paylaştırıldı. Erlenlerde bulunan kültürler 15 günün sonunda ağır metal eklemek için hazır hale getirildi.

3.3. KÜLTÜRLERE AĞIR METAL EKLENMESİ VE ALG SAYIMI

Hazırlanan kültür ortamına eklenecek nikel, kobalt ve çinko için stok solüsyonları hazırlandı. Bu amaçla nikel, kobalt ve çinko titrosolleri kullanıldı. 15. günün sonunda *Mougeotia* sp. ve *M. contortum* kültürlerine 0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml olacak şekilde kobalt, nikel ve çinko eklendi. Ölçümler kontrol dahil iki tekrarlı yapıldı.

Ekleme yapıldıktan 5 dakika sonra bütün kültürlerden ağır metal alımını belirlemek amacıyla 10'ar ml, klorofil-*a* tayini için 5 ml, alg sayımı için 1 ml olmak üzere toplam her erlenden 16'şar ml örnek alınarak tüplere konuldu. Daha sonra tüpler 5000-6000 rpm.'de 20 dakika santrifüj edildi. Santrifüj işleminden sonra üstte kalan kısım otomatik pipet yardımıyla dikkatli bir şekilde cam kaplara aktarıldı. Ağzı iyice kapatılarak ölçüm yapılacak zamana kadar buzdolabında steril koşullar altında muhafaza edildi. Aynı işlemler 30 dakika, 1 gün, 3 gün ve 7 gün sonunda da uygulandı. Her 5 dakika, 30 dakika, 1 gün, 3 gün ve 7 gün sonunda da ağır metal alımlarının tespiti İstanbul Üniversitesi Biyoloji Bölümünde bulunan Shimadzu 680 model atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS - 680) cihazıyla yapılmıştır. Bu işlemler devam ederken klorofil-*a* konsantrasyonu da ölçülerek, alg sayımları da yapılarak canlı hücre sayıları tespit edildi. Hazırlanan örnek içindeki metal miktarının belirlenmesi için, içinde metal miktarı bilinen çözeltilerden üç tanesi cihaza okutularak çalışma eğrisi elde edilmiştir. Hazırlanan örnek içinde bulunan metal miktarı, bu çalışma eğrisi temel alınarak cihaz tarafından hesaplanmıştır. Her bir örnek üç kez ölçülmüş ve elde edilen değerlerin ortalaması bir istasyona ait konsantrasyon değeri olarak alınmıştır. Örneklerle aynı işlemlerin uygulandığı fakat içine örnek konulmayan blank çözeltisi hazırlanmıştır. Blank örneklerin sıfır noktası olarak kabul edilmektedir

3.4. KURU AĞIRLIK (BİYOMAS) ANALİZİ

Ağır metal tayini için alınan 10 ml santrifüj edildikten sonra üstte kalan sıvı kısım ağır metal ölçümü için ayrıldı. Allta kalan kısım ise ağırlık kaybının belirlenmesi için kullanıldı. Bu amaçla ilk olarak tüplerin tartımı yapıldı. Daha sonra örnekler lyofilizasyon cihazına konuldu. Yirmidört saat lyofilize edilen örneklerin tartımları yapılarak kayıp ölçüldü.Ayrıca algal biyomass tayininde Root (1981)'in metodu kullanıldı.

4. BULGULAR

4.1. *MONORAPHİDİUM CONTORTUM* (THUR.) KOM.-LEGN. AĞIR METAL İLAVESİ SONUÇLARI

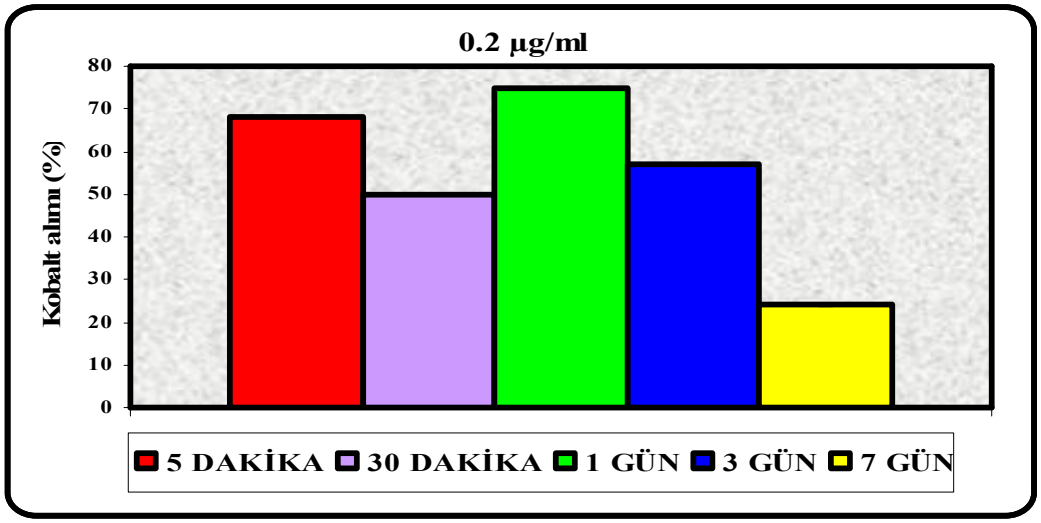
4.1.1. *M. contortum* kobalt alım miktarları

0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerindeki alım miktarları Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Farklı konsantrasyonda hazırlanan kobalt'ın zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* tarafından alım miktarları

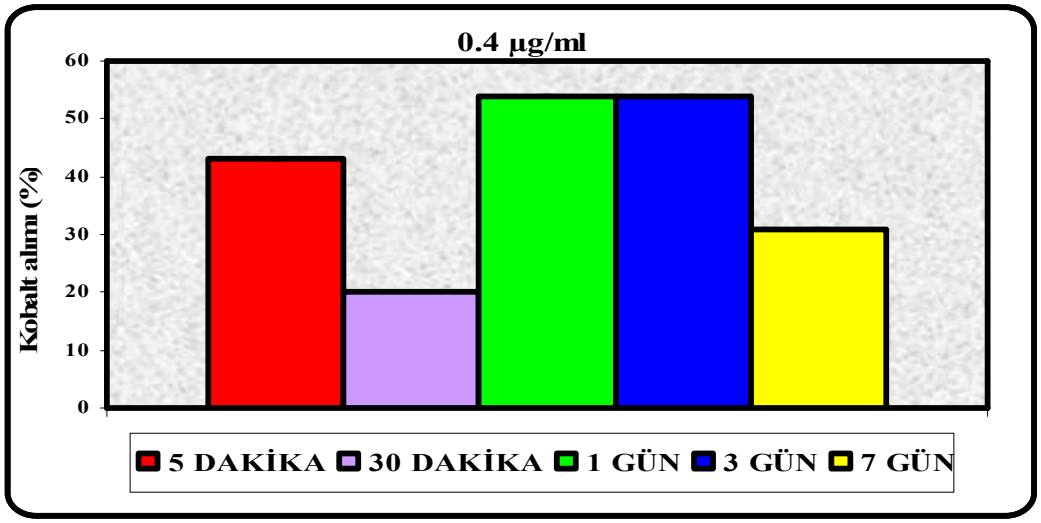
AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Kobalt (Co)	0.2	0.0640	0.1007	0.0499	0.0862	0,1515
	0.4	0.2268	0.3189	0.1836	0.1841	0.2752
	0.8	0.2804	0.2719	0.1554	0.4039	0.3556
	1.6	0.2259	0.2396	0.1655	0.3044	0.4092

0.2 µg/ml kobalt eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde en yüksek alım birinci gün sonunda görülmüştür (Şekil 4.1). *M. contortum* ortamdaki ağır metalin % 75'ini bünyesine almıştır. En fazla kobalt alımın yapıldığı birinci gün sonunda klorofil-*a* miktarında kontrol kültürleri ile karşılaştırıldığında % 8'lik bir azalma gözlenmiş kuru ağırlıktaki biyomass kaybı ise % 19 olmuştur. En düşük kobalt alımı yedinci günde gerçekleşmiştir. 0.2 µg/ml kobalt eklemesinin yapıldığı yedinci günün sonunda kültür ortamında bulunan ağır metalin % 24'ü alınırken bu süre sonunda klorofil-*a* miktarı önemli miktarda (% 36) artış göstermiştir (Şekil 4.5). Kuru ağırlık da ise % 45 oranında azalma gözlenmiştir (Şekil 4.6).



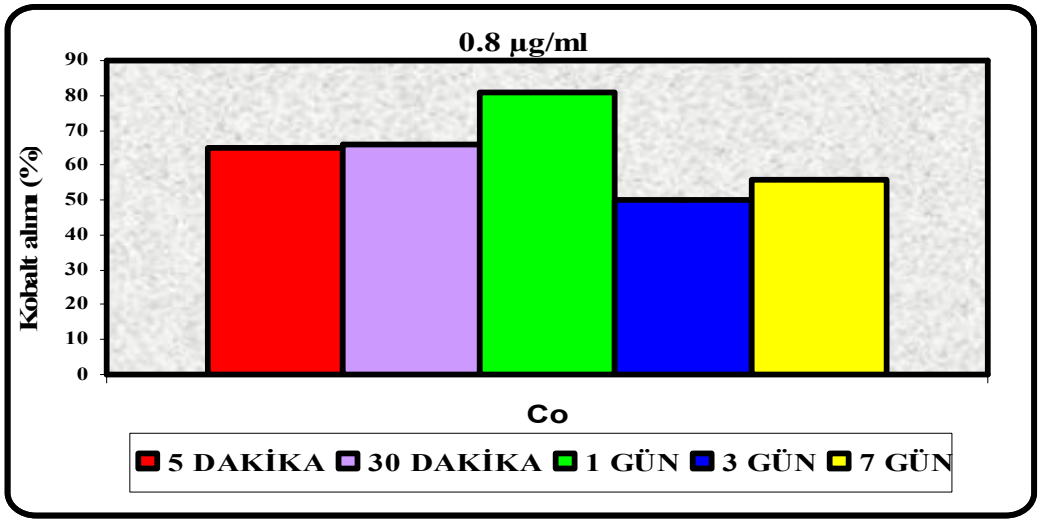
Şekil 4.1 0.2 µg/ml Kobalt (Co) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi

0.4 µg/ml kobalt eklenmiş kültürlerde en yüksek alım birinci ve üçüncü gün sonunda gerçekleşmiştir (Şekil 4.2). Bu alım % 54'e kadar ulaşmıştır. Birinci ve üçüncü gün sonundaki klorofil-*a* miktarlarında ise, sırasıyla % 25 ve % 17'lik oranlarda bir azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.5). Fakat biyomas kayıpları karşılaştırıldığında 1 gün sonunda % 23 olan kayıp 3. gün sonunda % 61'lik bir orana yükselmiştir (Şekil 4.6). Klorofil-*a* konsantrasyonu 0.2 µg/ml konsantrasyonunda olduğu gibi 7 gün sonundaki önemli bir artış (% 32) göstermiştir. 0.4 µg/ml kobalt eklemesi ile yapılan denemede ise en az alım (%20) 30 dakika sonunda yapılan ölçümlerde gerçekleşmiştir.



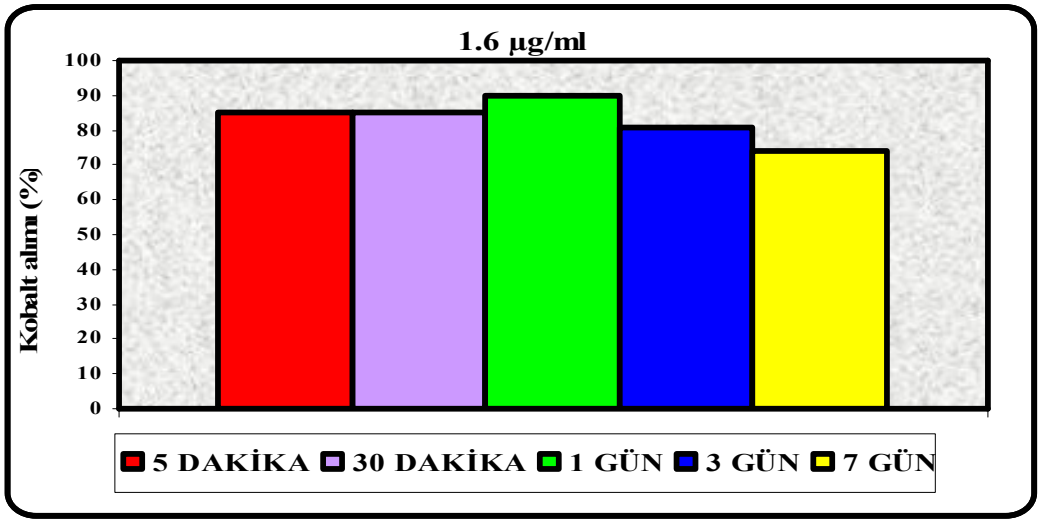
Şekil 4.2 0.4 µg/ml Kobalt (Co) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi

0.8 µg/ml kobalt eklenmiş kültürlerde en yüksek alım birinci gün sonunda ve kayda değer bir oranda (% 81) gerçekleşmiştir (Şekil 4.3). En az alım üçüncü gün sonunda % 50'lik bir oranda gerçekleşmiştir. Kobalt alımının en fazla olduğu birinci gün sonunda klorofil-*a* miktarında ise %17 oranında azalma gözlenmiş; bununla birlikte biyomass kaybı %56 gibi çok yüksek oranda gerçekleşmiştir. 0.2 µg/ml ve 0.4 µg/ml konsantrasyonlarında olduğu gibi 0.8 µg/ml konsantrasyonunda da 7 gün sonunda klorofil-*a* miktarında az da olsa küçük bir artış (% 1) tespit edilmiş üçüncü gün sonunda klorofil-*a* miktarında düşük oranda azalma belirlendi (Şekil 4.5).



Şekil 4.3 0.8 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi

1.6 µg/ml kobalt eklenmiş kültürlerde ağır metal alım oranı oldukça yüksek oldu. Alımlar genel olarak % 80'in üzerinde bulundu (Şekil 4.4). Diğer konsantrasyonlarda olduğu gibi en yüksek alım yine birinci gün sonunda (% 90) olarak gerçekleşti. En az kobalt alımı ise % 74 ile yedinci gün sonunda gerçekleşti. Yine aynı şekilde klorofil-*a* miktarı da yedinci gün sonunda azaldı. Kuru ağırlık ise birinci gün sonunda, ölçüm yapılan diğer zamanlarla karşılaştırıldığında kayıp miktarı (% 34) gibi düşük bir oranda gerçekleşti. Diğer konsantrasyonların aksine 1.6 µg/ml kobalt eklemesi ile yapılan çalışmada dikkat çeken en önemli nokta yedinci gün sonunda klorofil-*a* miktarında görülen azalma (% 21)'dır.



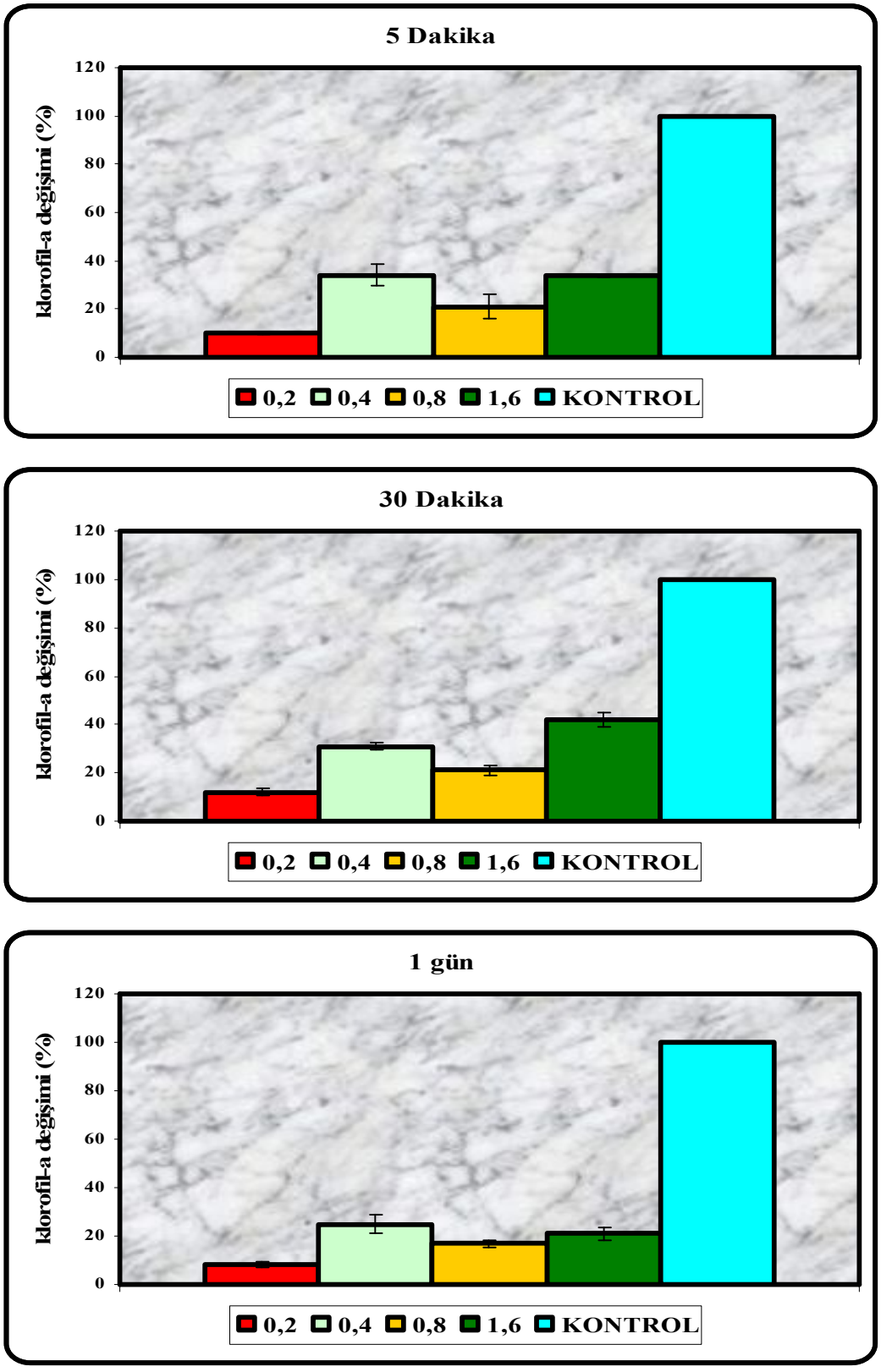
Şekil 4.4 1.6 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi

4.1.1.1 Kobalt Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları

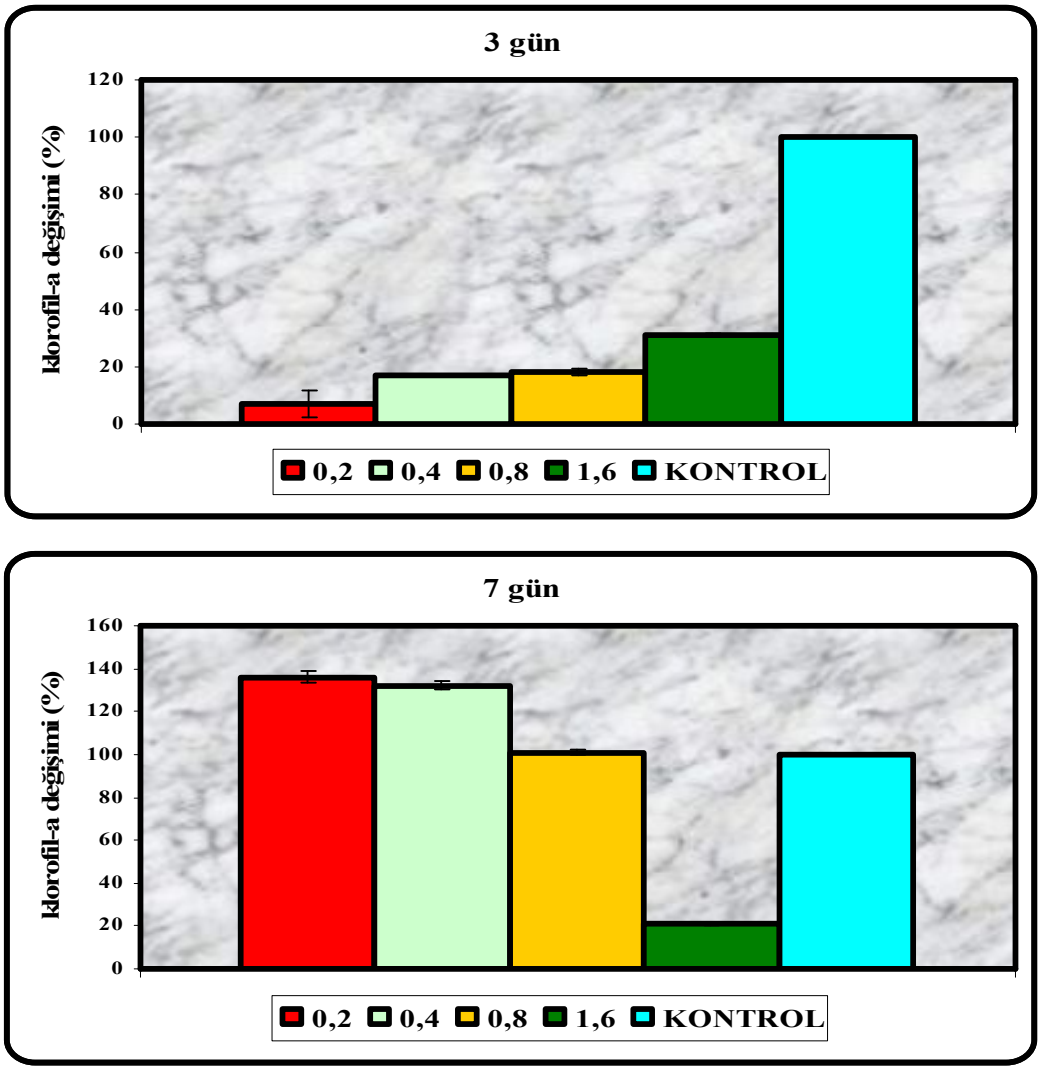
0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerindeki klorofil-*a* miktarları Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Farklı konsantrasyonda kobalt eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a* (µg/ml) konsantrasyonunun değişimi

AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Co	0.2	21.9	21.1	22.9	24.5	34.9
	0.4	16.2	16.5	18.6	21.7	33.8
	0.8	19.2	19.1	20.5	21.6	25.8
	1.6	16.1	14.1	19.6	18.1	20.2
	KONTROL	24.5	24.1	24.8	26.3	25.6



Şekil 4.5 Farklı konsantrasyonlarda kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi.



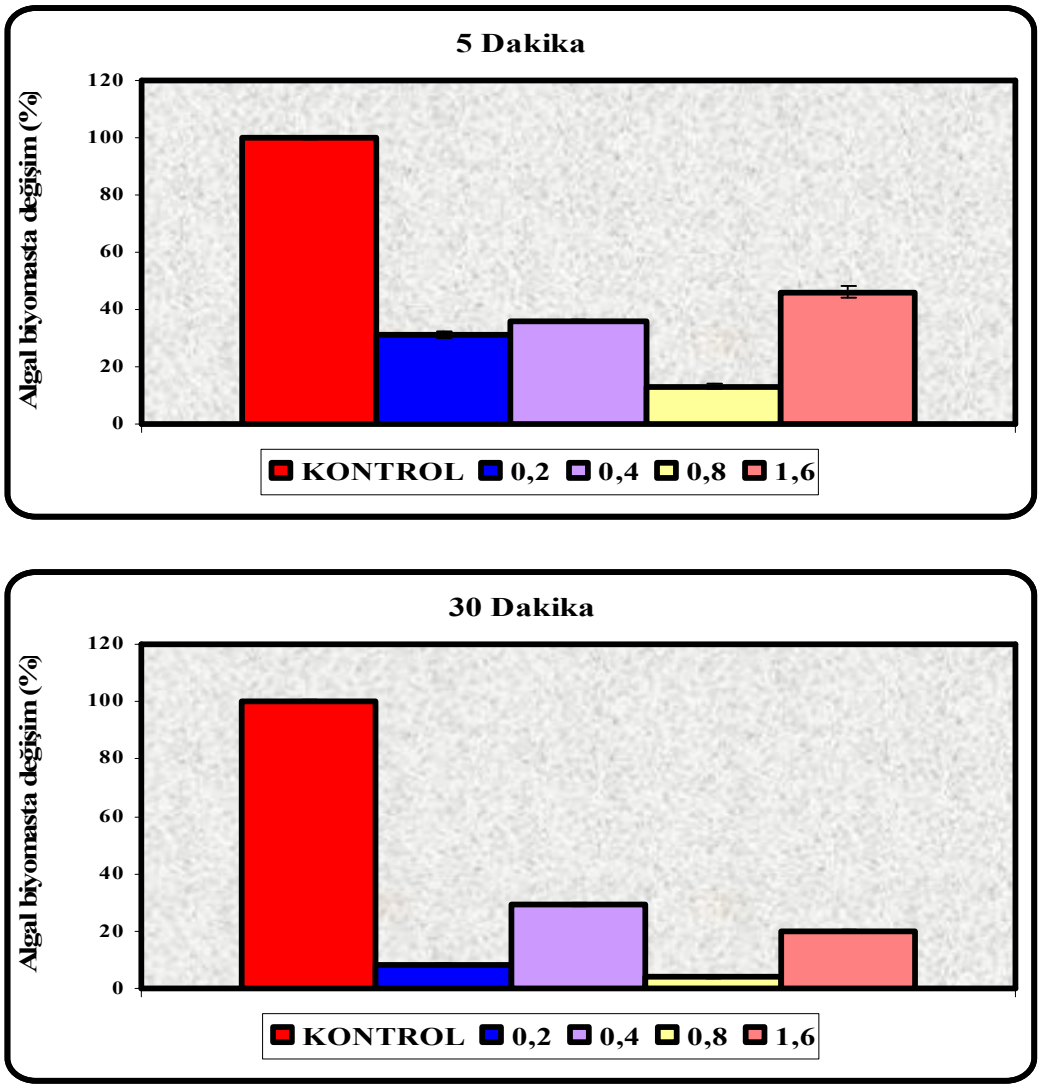
Şekil 4.5'in devamı Farklı konsantrasyonlarda kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi

4.1.1.2 Kobalt Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Biyomas Miktarları

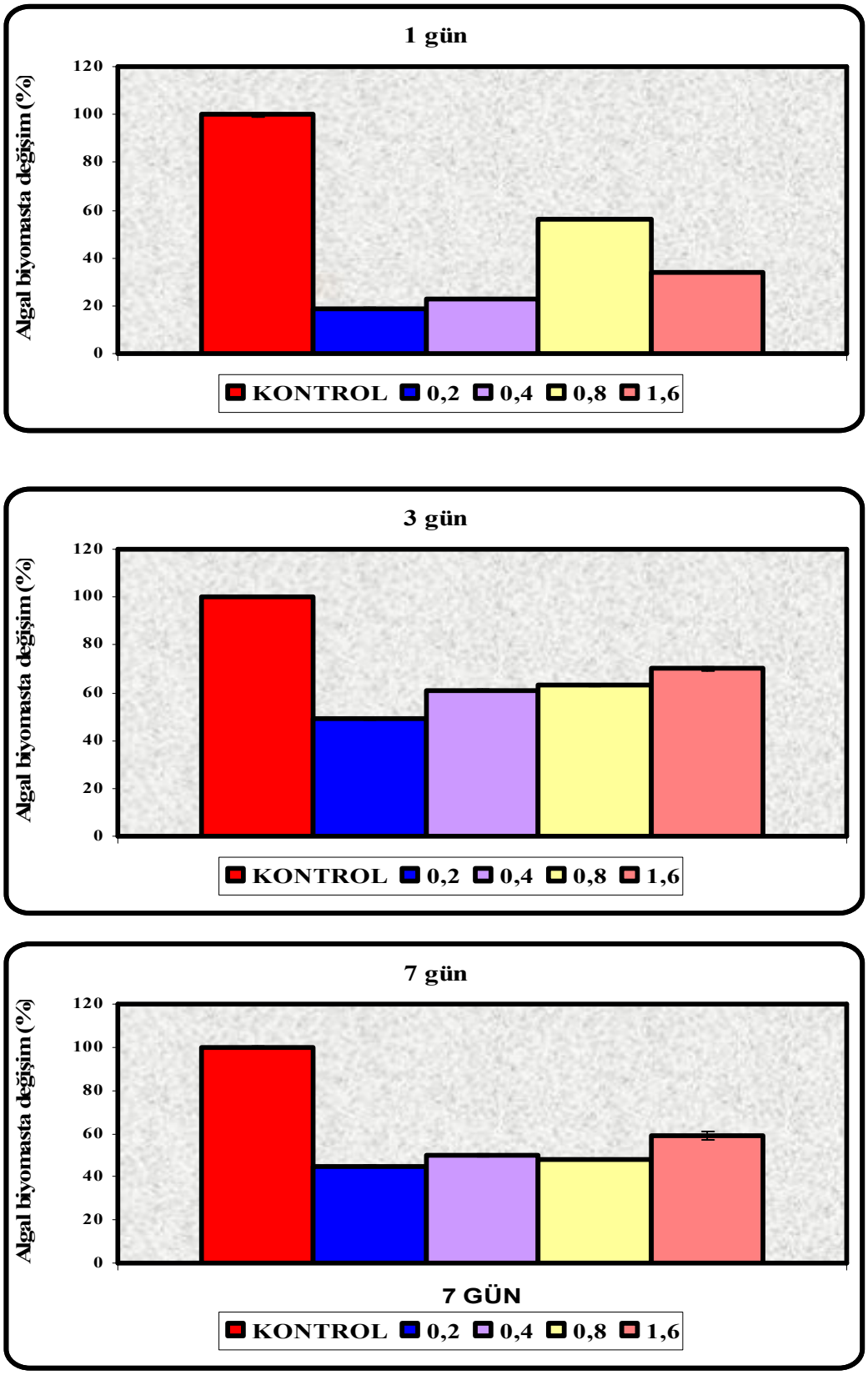
0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerindeki biyomas miktarları Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Farklı konsantrasyonda hazırlanan kobalt'ın zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* biyoması (µg/ml) üzerine etkisi

AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Co	0.2	4.4	4.8	4.1	3.2	4.4
	0.4	4.0	3.7	3.8	2.5	4.0
	0.8	5.6	5.0	2.2	2.4	4.2
	1.6	3.4	4.2	3.3	1.9	3.3
	KONTROL	6.4	5.2	5.0	6.3	6.0



Şekil 4.6 Farklı konsantrasyonda kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi



Şekil 4.6'ın devamı Farklı konsantrasyonda kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi

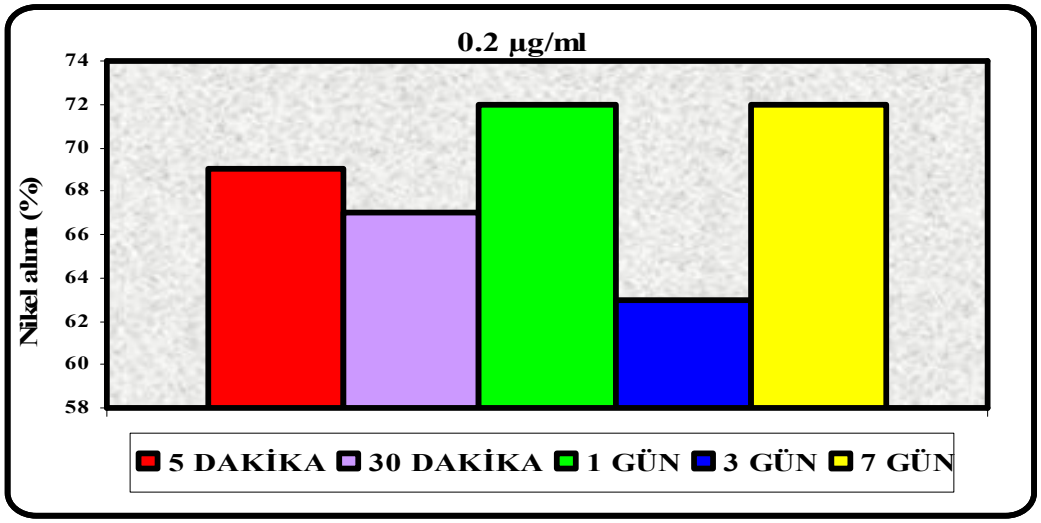
4.1.2 *M. contortum* Nikel İlavesi Sonuçları

Diğer bir ağır metal olan nikel *M. contortum* kültürlerine aynı konsanrasyonlarda (0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml) eklenmiş, eklemeden 5 dakika, 30 dakika, 1 gün, 3 gün ve 7 gün sonundaki ağır metal alımı, klorofil-*a* konsantrasyonu ve kuru ağırlık miktarları ölçülmüştür. Ağır metal alım sonuçları Tablo 4.4'te gösterildi.

Tablo 4.4 Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan nikel'in zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* tarafından alım miktarları

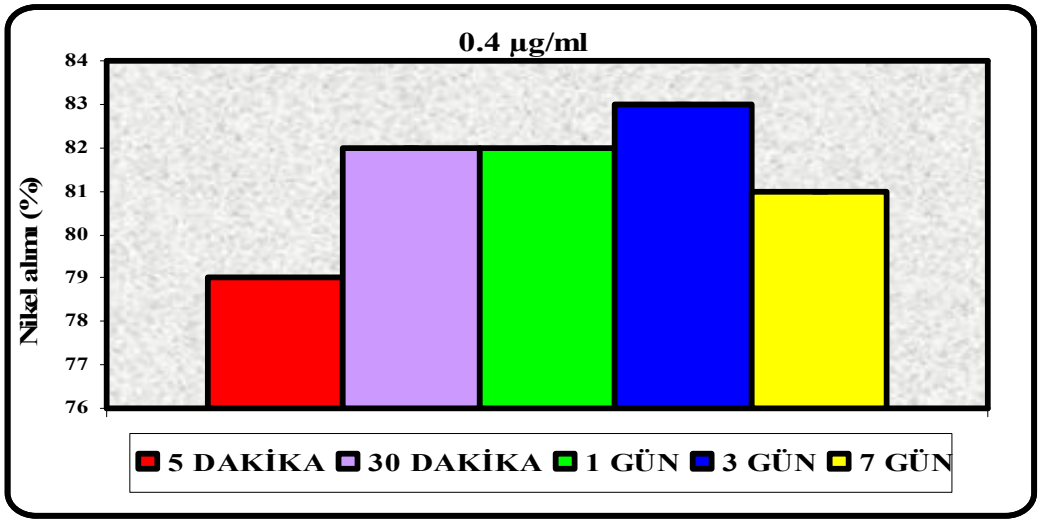
AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Nikel (Ni)	0.2	0.0619	0.0656	0.0564	0.0737	0.0567
	0.4	0.0830	0.0710	0.0708	0.0660	0.0753
	0.8	0.0621	0.0726	0.0720	0.0560	0.0822
	1.6	0.1629	0.1300	0.0864	0.0667	0.0951

0.2 µg/ ml nikel eklenen kültürlerde en fazla alım % 72 ile 1. ve 7. gün sonunda görülmüştür (Şekil 4.7) Bununla beraber alımın en fazla olduğu birinci günde klorofil-*a* miktarı % 8 oranında azalırken, yine alımın fazla olduğu 7. günde klorofil-*a* miktarı birinci günün aksine % 14 oranında artış göstermiştir. Biyomastaki azalma ise yine birinci gün sonunda en yüksek değerde bulunmuştur. En az alım ise üçüncü gün sonunda % 63'lük bir oran gerçekleşmiştir. Klorofil-*a* konsantrasyonu ise 5 dakikalık alımdan sonra % 6 azalırken 30 dakika sonra yapılan ölçümde bu azalış % 17'ye ulaşmış bir gün sonra ise azalma yavaşlayarak % 8'e gerilemiş, yedinci gün sonunda ise % 14 artış göstermiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.7 0.2 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi

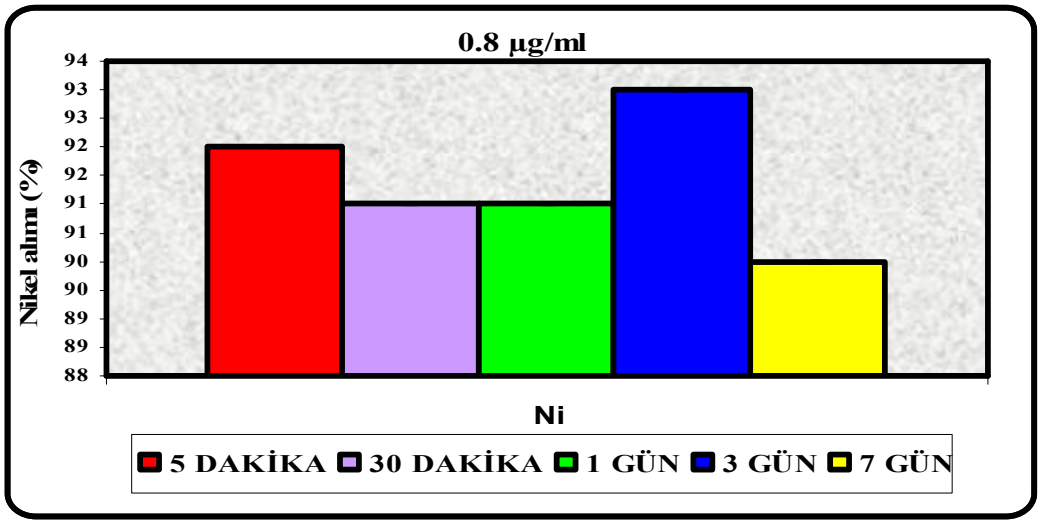
0.4 µg/ml nikel içeren kültürlerde yapılan ölçümlerde nikel alım oranları birbirine yakın değerlerde bulunmuştur. En yüksek alım oranı % 83 ile üçüncü gün sonunda gerçekleşirken 30 dakika ve bir gün sonundaki alım oranı % 82 olarak ölçülmüştür. Yine alımın en yüksek olduğu gün klorofil-*a* konsantrasyonu çok fazla değişiklik göstermeyip sadece % 8 oranında azalma göstermiştir. Biyomass kaybı ise en yüksek değerine 3. gün sonunda ulaşmıştır. Genel olarak 0.4 µg/ml nikel içeren kültürlerde yapılan ölçümlerde yüksek bir alım oranı tespit edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 0.4 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi

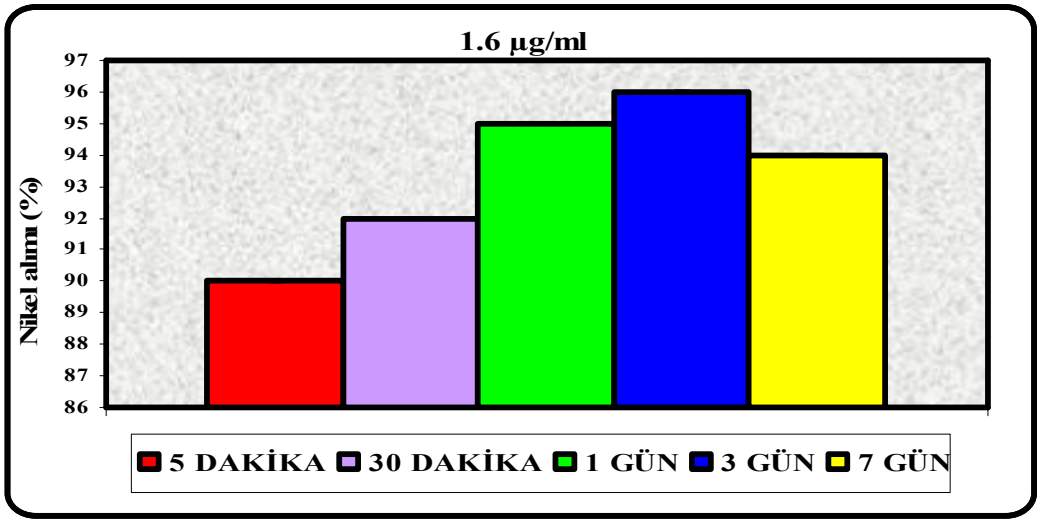
0.8 µg/ml nikel içeren kültürlerde de alım oranı çok yüksek oranlarda ve genel olarak % 90 üzerinde bulunmuştur (Şekil 4.9). En yüksek değerine ise üçüncü gün sonunda %

93'lük bir oranla ulaşmıştır. Alımın en fazla olduğu üçüncü gün sonunda biyomas değerinde önemli kayıplar (% 58) meydana gelmiştir. Diğer konsantrasyonlarda olduğu gibi yedinci gün sonunda klorofil-*a* miktarı oldukça yükselmiştir. Bu artış % 53'lük bir değere ulaşmıştır. En düşük alım ise % 90'lık oranla 7 gün sonunda gerçekleşmiştir. Alımın az olduğu 7. günde klorofil-*a* miktarı oldukça artmıştır. En düşük biyomas kaybı ise 30 dakika sonunda gerçekleşmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.9 0.8 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi

1.6 µg/ml nikel içeren kültürlerde de alım oranı % 90 gibi çok yüksek değerlerde bulunmuştur. (Şekil 4.10) Nikel eklemesi yapıldıktan 5 dakika sonra yapılan ölçümde % 90 olan alım en yüksek değerine % 96 ile 3. gün sonunda ulaşmıştır. Aynı gün yapılan ölçümde biyomas kaybı % 69 ile en yüksek değerde bulunmuştur (Şekil 4.12). Klorofil-*a* miktarında ise en yüksek kayıp %52 ile 30 dakika sonunda gerçekleşmiş, 7. gün sonunda ise % 16'lık oranda artış kaydedilmiştir (Tablo 4.5). Klorofil-*a* miktarındaki diğer kayda değer azalma, nikel alımının en yüksek olduğu üçüncü gün sonunda gerçekleşmiştir (Şekil 4.11)



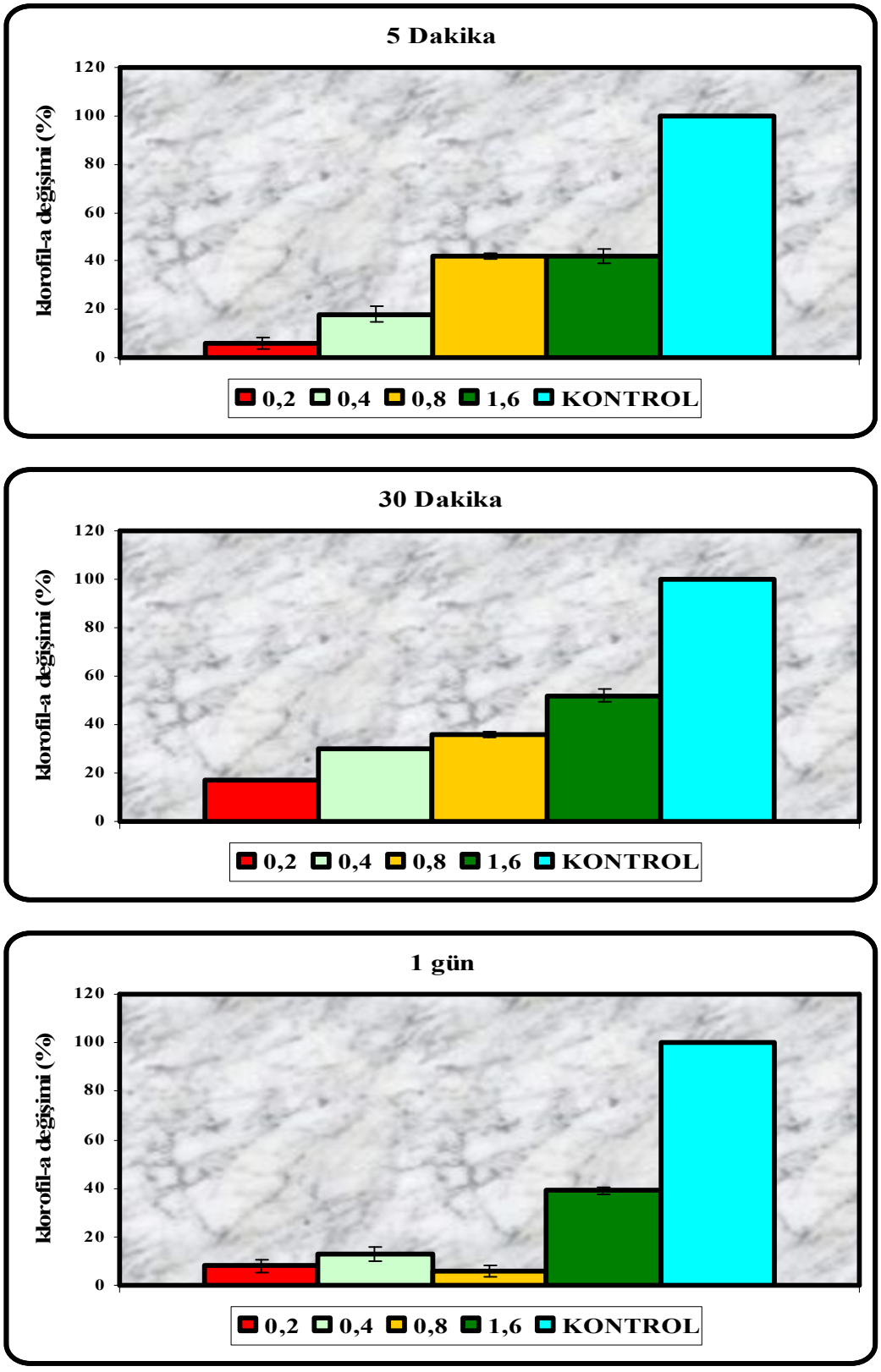
Şekil 4.10 1.6 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi

4.1.2.1 Nikel Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları

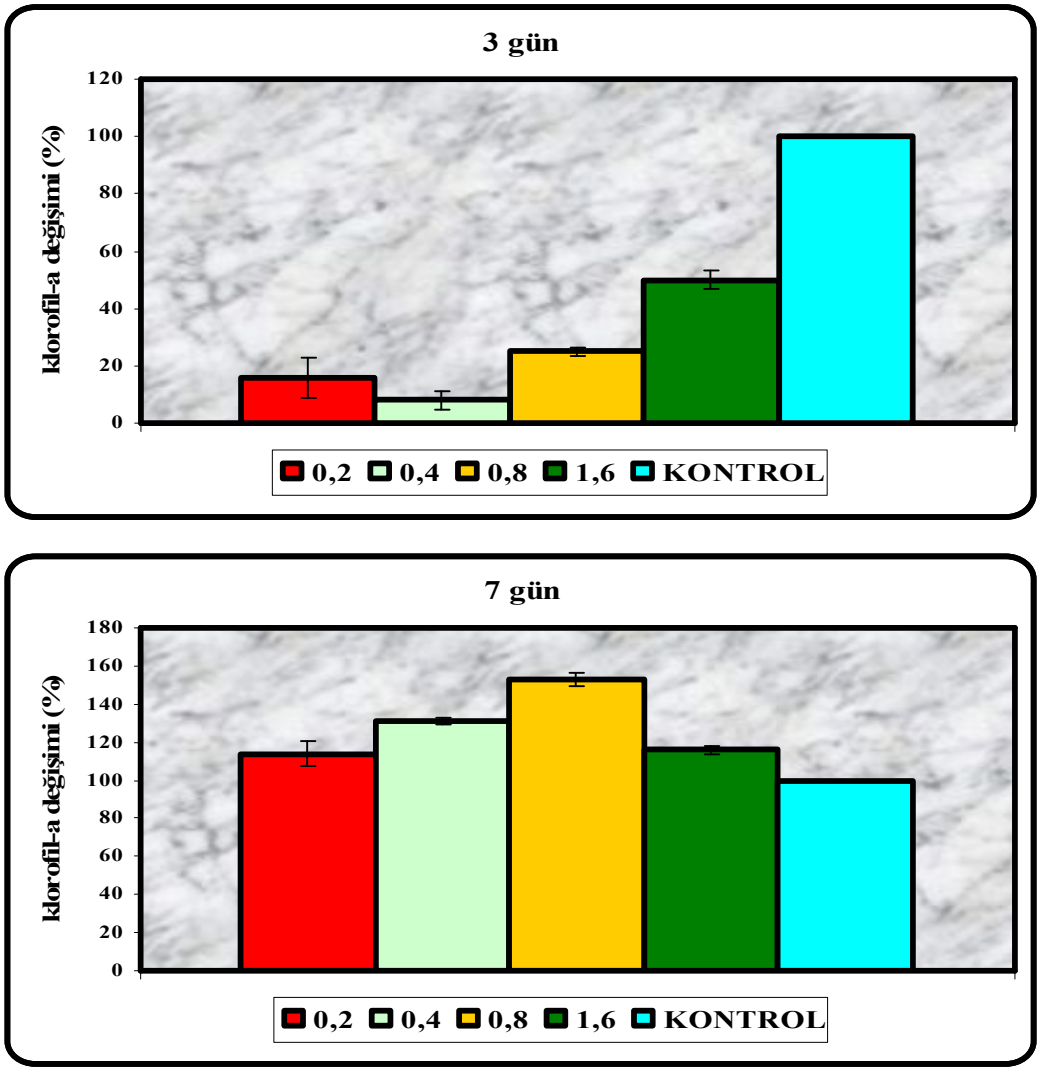
0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml nikel eklenen *M. contortum* kültürlerindeki klorofil-*a* miktarları Tablo 4.5'de gösterilmiştir.

Tablo 4.5 Farklı konsantrasyonda nikel eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a* (µg/ml) konsantrasyonunun değişimi

AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Nikel (Ni)	0.2	23.1	19.9	22.8	21.9	54.6
	0.4	19.9	16.8	21.	24.2	33.5
	0.8	18.7	15.5	23.4	19.7	39.2
	1.6	14.3	11.6	15.2	13.2	29.7
	KONTROL	24.5	24.1	24.8	26.3	25.6



Şekil 4.11 Farklı konsantrasyonlarda nikel eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi



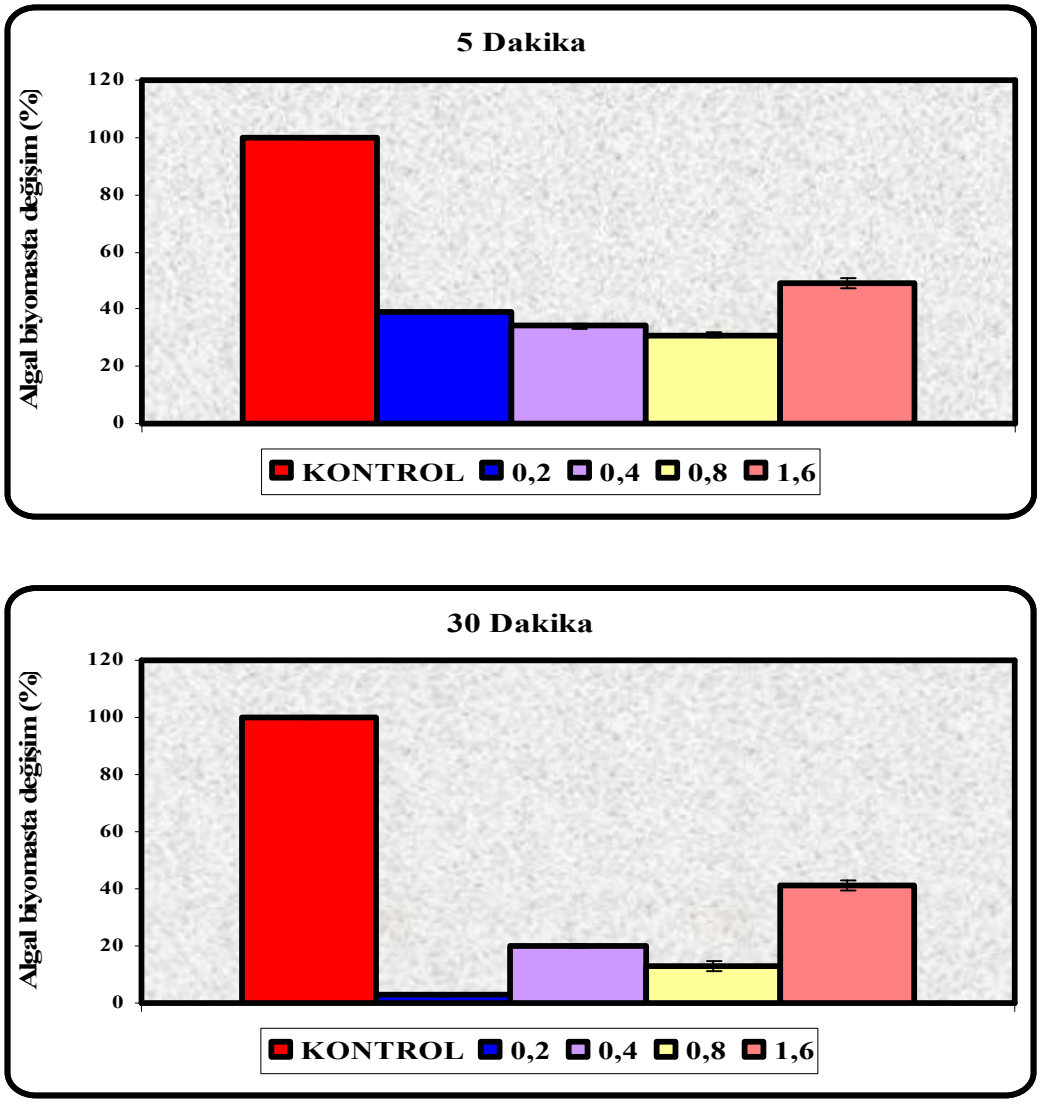
Şekil 4.11'in devamı Farklı konsantrasyonlarda nikel eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi

4.1.2.2 *Nikel Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Biyomas Miktarları*

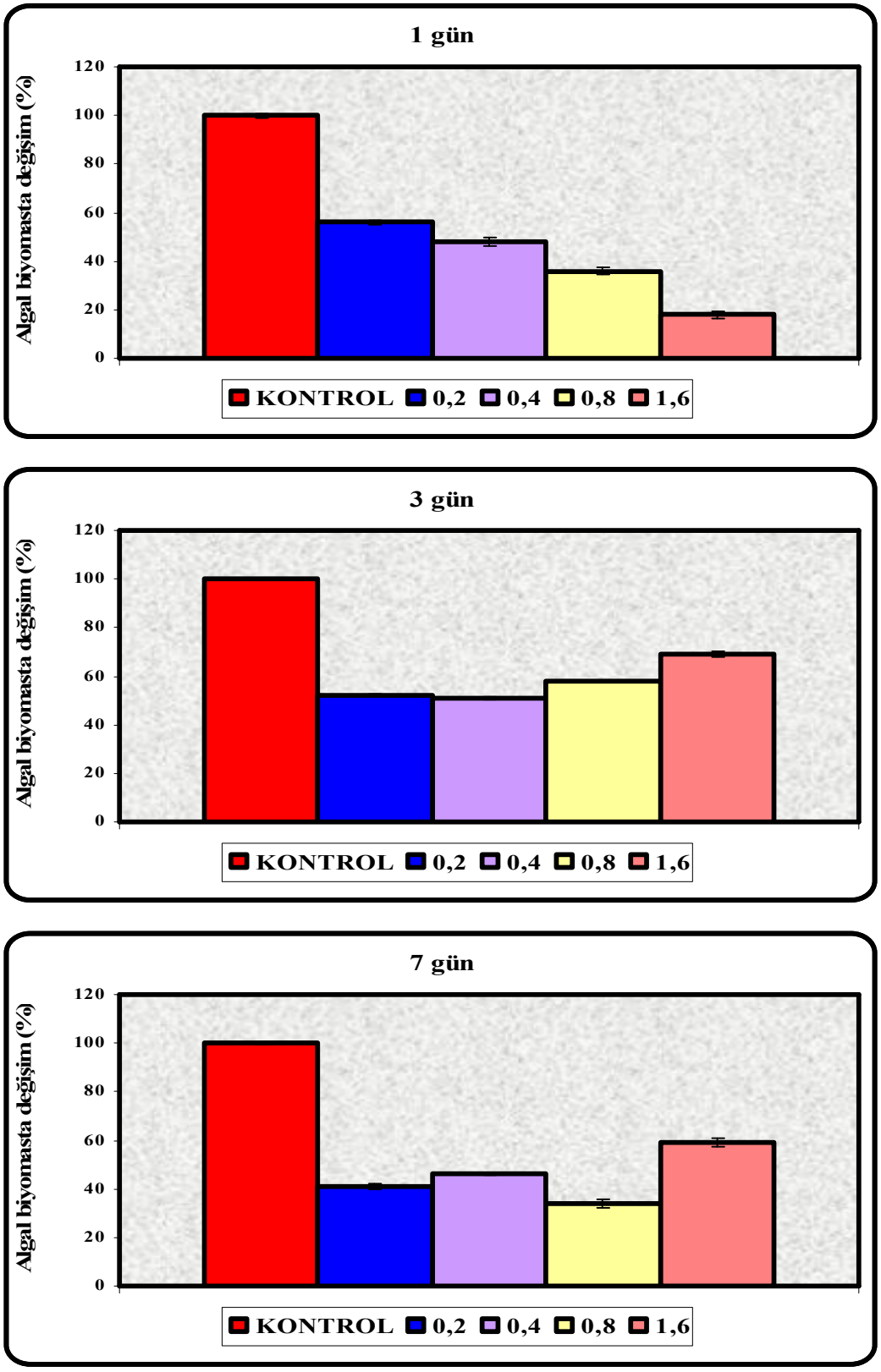
0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerindeki biyomas miktarları Tablo 4.6'de gösterilmiştir.

Tablo 4.6 Farklı konsantrasyonda hazırlanan nikel'in zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* biyoması (µg/ml) üzerine etkisi

AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Nikel (Ni)	0.2	3.9	5.1	2.2	3.1	4.8
	0.4	4.2	4.2	2.6	3.1	4.3
	0.8	4.4	4.6	3.2	2.6	5.3
	1.6	3.3	3.1	4.1	1.9	3.3
	KONTROL	6.4	5.2	5.0	6.3	6.0



Şekil 4.12 Farklı konsantrasyonda nikel eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi



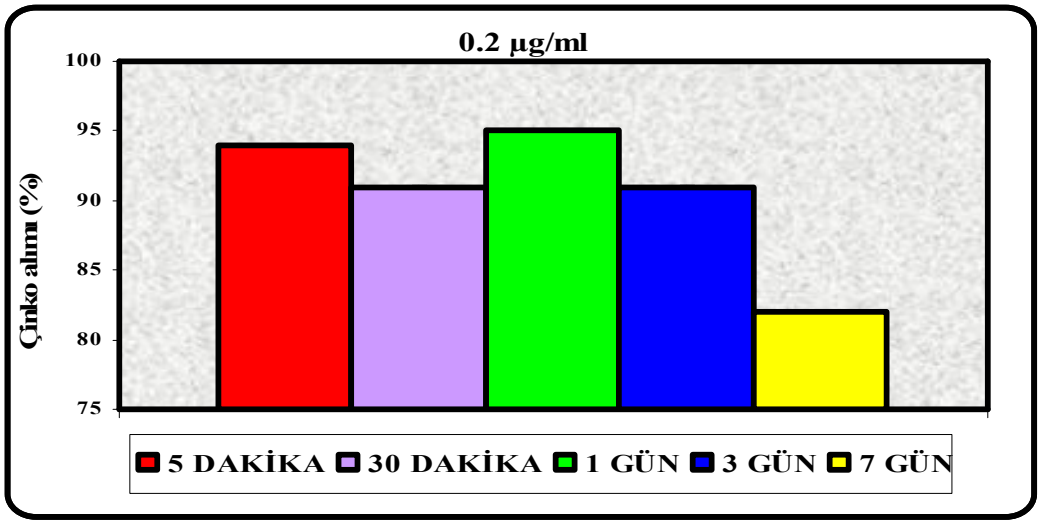
Şekil 4.12'nin devamı Farklı konsantrasyonda nikel eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi

4.1.3 *M. contortum* Çinko İlavesi Sonuçları

Tablo 4.7 Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan çinko (Zn)'nun zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* tarafından alım miktarları

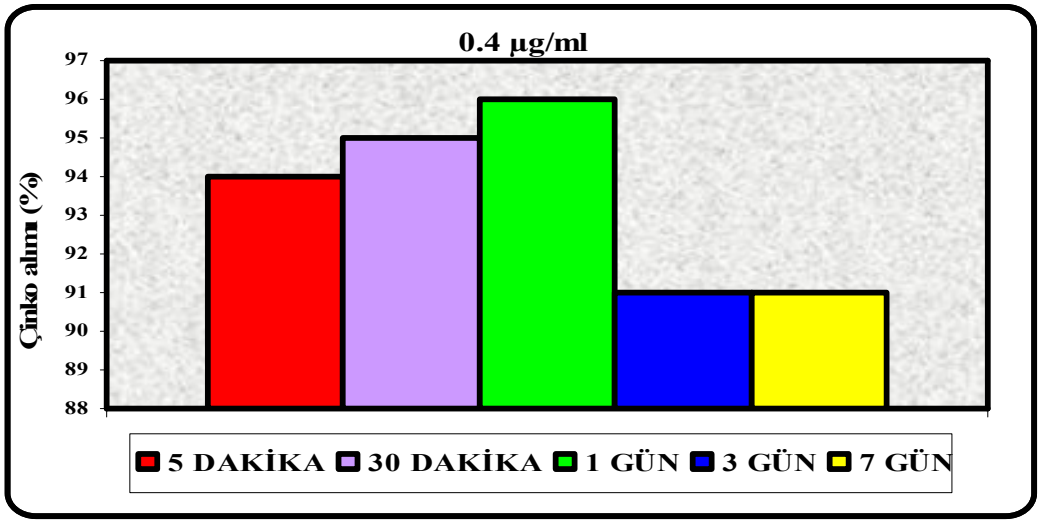
AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Çinko (Zn)	0.2	0.0118	0.0171	0.0091	0.0179	0.0357
	0.4	0.0254	0.0202	0.0165	0.0359	0.0375
	0.8	0.0575	0.0456	0.0286	0.0485	0.0417
	1.6	0.0750	0.0880	0.0335	0.0475	0.0495

Tablo 4.7'de belirtilen konsantrasyonlarda çinko eklenen kültürlerde bütün konsantrasyonlarda alım oranı oldukça yüksek bulunmuştur. 0.2 µg/ml eklenen kültürlerde en yüksek alım oranı % 95 ile birinci gün sonunda, en düşük alım ise % 82 oranıyla 7. gün sonunda gerçekleşmiştir (Şekil 4.13). Çinko alımının en yüksek olduğu birinci gün sonunda yapılan ölçümde klorofil-*a* konsantrasyonu % 18 oranında azalma göstermiş 7. gün ise önemli miktarda artış kaydedilmiştir. Diğer iki ağır metal ölçümlerinde elde edilen sonuçlar gibi 7. gün sonunda klorofil-*a* miktarında artış tespit edilmiştir (Şekil 4.17). Alg biyomas değerinde 30 dakika sonunda % 4'lük bir artış söz konusu iken 7. gün sonunda % 51 oranında biyomas kaybı yaşanmıştır (Tablo 4.9).



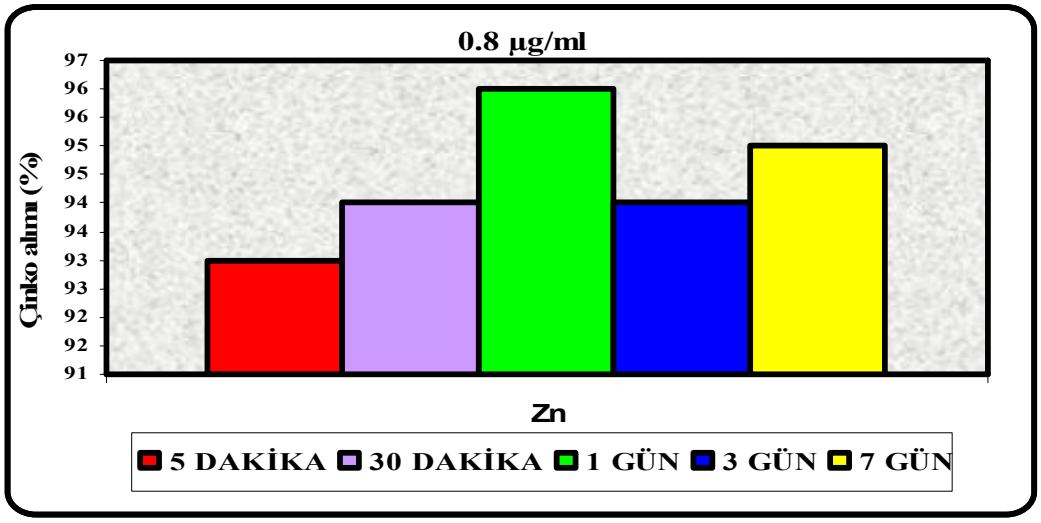
Şekil 4.13 0.2 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi

0.4 µg/ml çinko eklenen kültürlerde ise alım en fazla 1. gün sonunda gerçekleşmiştir. Genel olarak 0.4 µg/ml konsantrasyonda da alım oranları % 90 üzerinde bulunmuştur(Şekil 4.14). Klorofil-*a* konsantrasyonunda en yüksek kayıp % 22 oranıyla 3. gün sonunda meydana gelirken, 7 gün sonunda % 31 oranında bir artış tespit edilmiştir (Şekil 4.17). Burada da klorofil-*a* içeriğinin artış gösterdiği 7. gün sonunda ağır metal alım oranı % 91 oranı ile en düşük değerde bulunmuştur (Tablo 4.8). Algal biyomas miktarında 30 dakikada sonunda % 20'lik artış gözlenirken klorofil-*a* miktarında 5 dakikada sonunda % 3 oranında düşüş kaydedilmiştir.



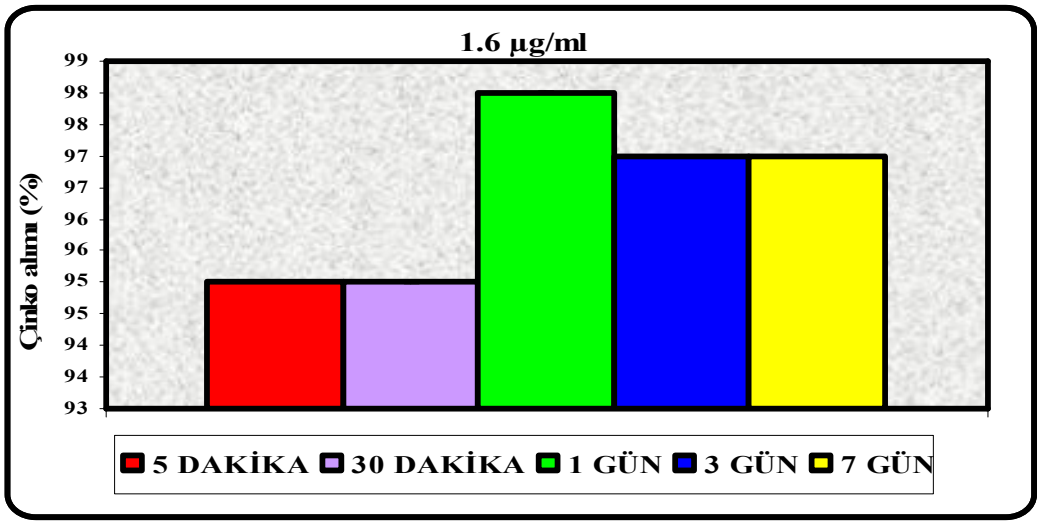
Şekil 4.14 0.4 µg/ml Çinko (Zn) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi

0.8 µg/ml konsantrasyonunda en yüksek alım birinci gün sonunda gerçekleşmiştir. (Şekil 4.15) Aynı zaman sürecinde klorofil-*a* miktarı % 19 oranında azalma göstermiş, 3. gün sonunda % 12, 7. gün sonunda ise % 29 oranında artmıştır. Klorofil-*a* miktarının arttığı 3. ve 7 günlerde biyomas kaybı da oldukça yüksek oranlarda bulunmuştur; 3. günde % 51 olan düşüş 7 gün sonunda % 58'e ulaşmıştır. En düşük alım ise 5 dakika sonunda meydana gelmiştir.



Şekil 4.15 0.8 µg/ml Çinko (Zn) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi

1.6 µg/ml çinko içeren kültürlerde en fazla alım birinci gün sonunda (% 98) gerçekleşmiştir (Şekil 4.16). Klorofil-*a* miktarı 7. gün sonunda % 13 oranında bir artış göstermiş, alımın en yüksek olduğu birinci gün sonunda ise klorofil-*a* miktarında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Biyomas kaybı genel olarak yüksek değerlerde olurken sadece 30 dakika sonunda % 1'lik küçük bir artış söz tespit edilmiştir (Şekil 4.18). Genel olarak 1.6 µg /ml çinko içeren kültürlerde ağır metal alım konsantrasyonu oldukça yüksek bulunmuştur.

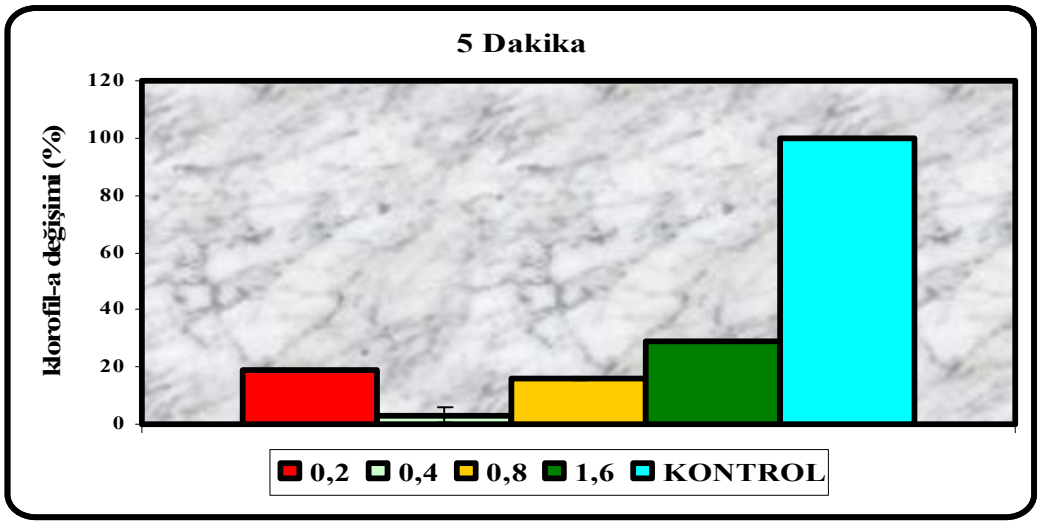


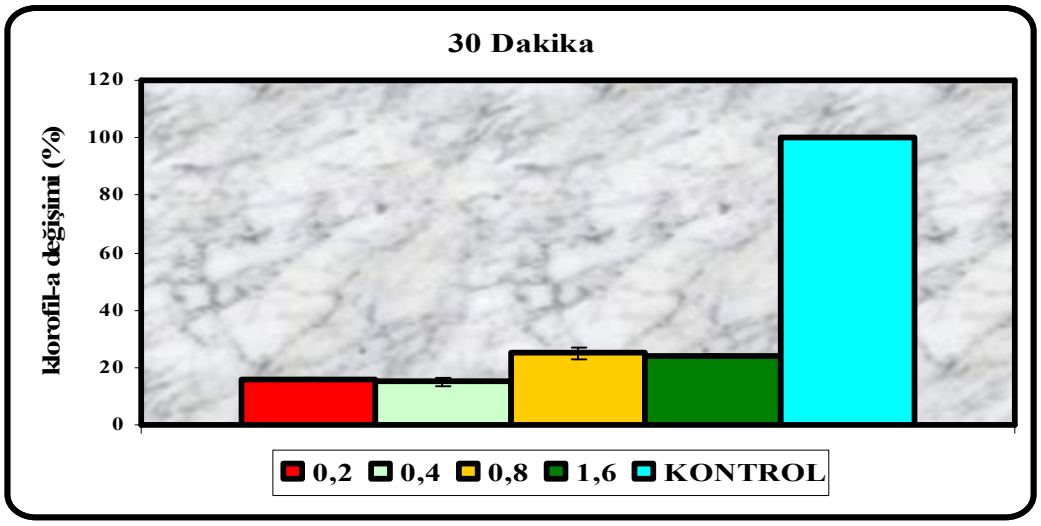
Şekil 4.16 1.6 µg/ml Çinko (Zn) eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi

4.1.3.1 Çinko Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları

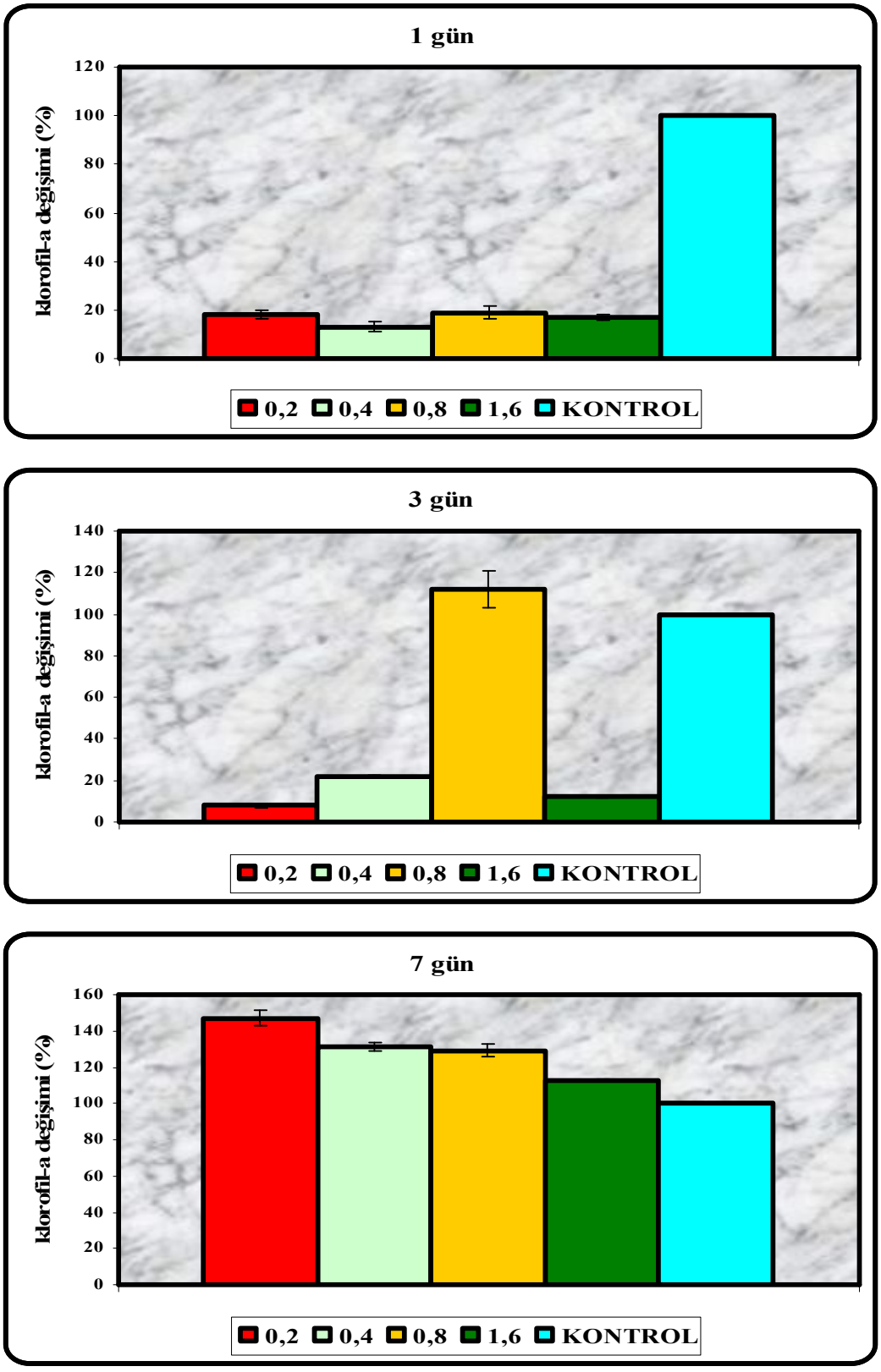
Tablo 4.8 Farklı konsantrasyonda çinko eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a* (µg/ml) konsantrasyonunun değişimi

AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Çinko (Zn)	0.2	19.71	20.3	20.3	24.1	37.7
	0.4	23.6	20.6	21.6	20.6	33.6
	0.8	20.6	18.1	20.2	29.5	32.9
	1.6	17.3	18.2	20.6	23.0	28.8
	KONTROL	24.5	24.1	24.8	26.3	25.6





Şekil 4.17 Farklı konsantrasyonlarda çinko eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi

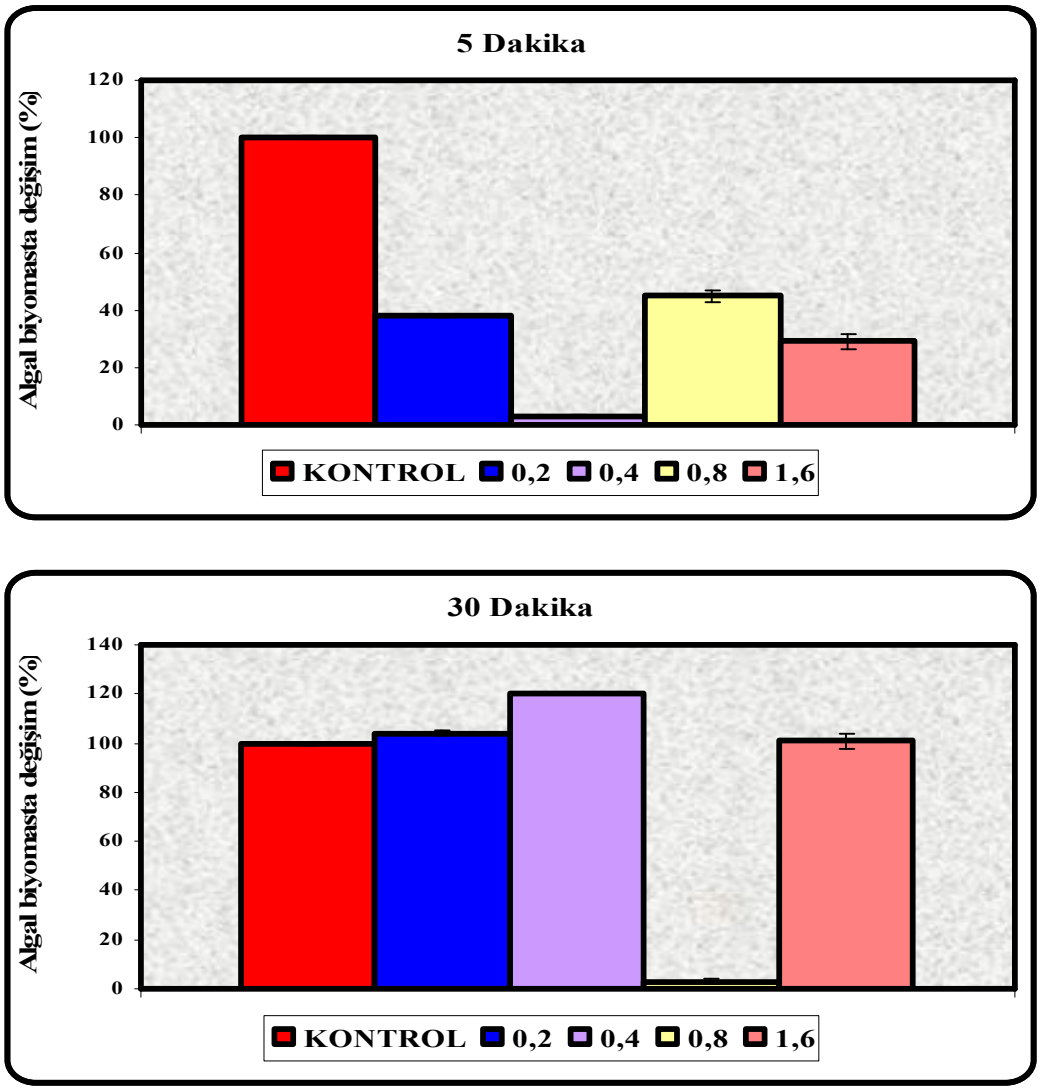


Şekil 4.17'nin devamı Farklı konsantrasyonlarda çinko eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi

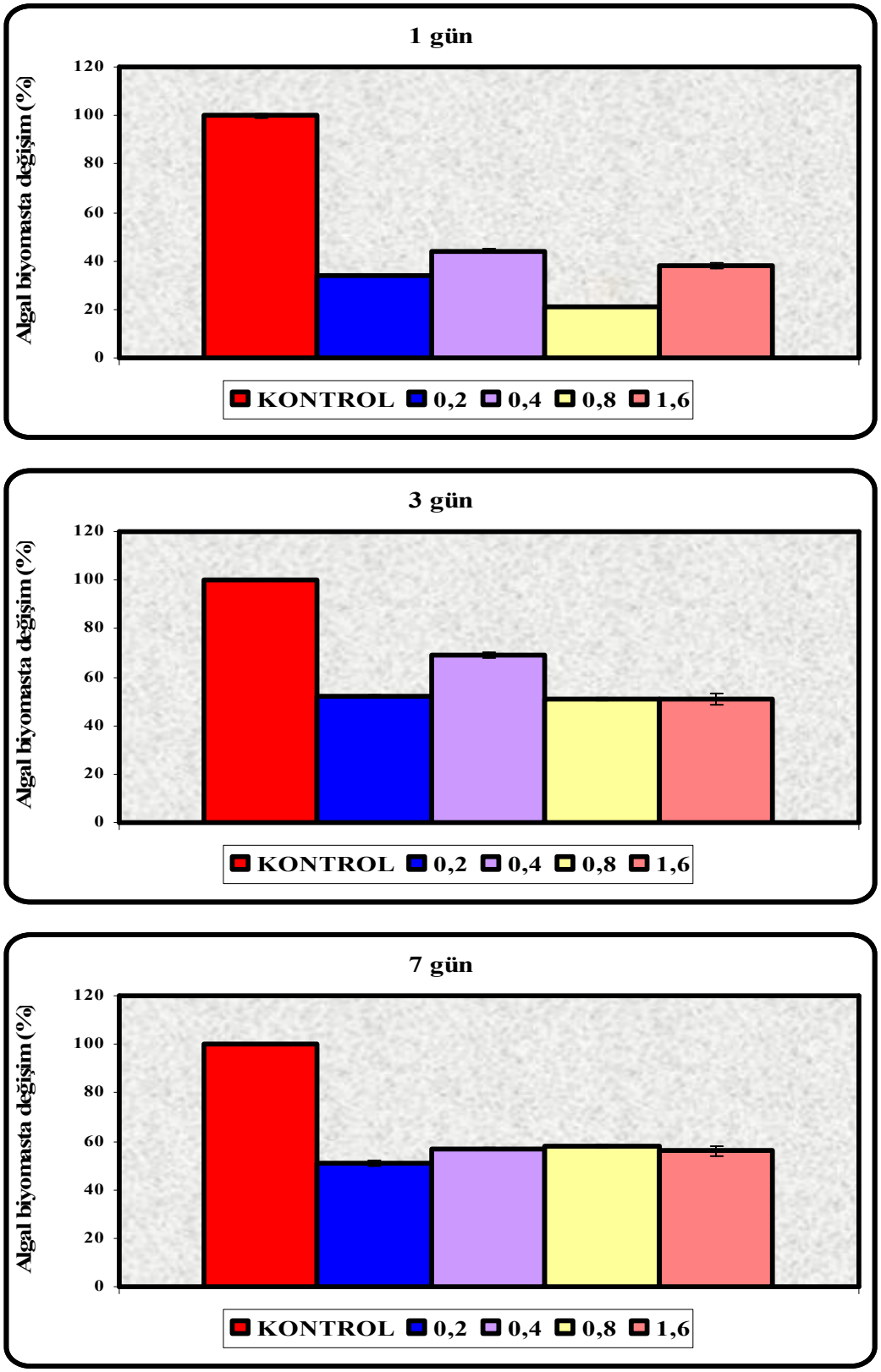
4.1.3.2 Çinko Eklenmiş M. contortum Kültürlerindeki Biyomas Miktarları

Tablo 4.9 Farklı konsantrasyonda hazırlanan çinko'nun zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *M. contortum* biyoması (µg/ml) üzerine etkisi

AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Çinko (Zn)	0.2	3.9	5.4	3.3	3.0	3.9
	0.4	4.3	6.3	2.8	1.9	3.5
	0.8	3.5	5.1	3.9	3.1	3.4
	1.6	4.5	5.3	3.1	3.1	3.5
	KONTROL	6.4	5.2	5.0	6.3	6.0



Şekil 4.18 Farklı konsantrasyonda çinko eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi



Şekil 4.18'in devamı Farklı konsantrasyonda çinko eklenen *M. contortum* kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi

4.2. *MOUGEOTİA* SP. AĞIR METAL İLAVESİ SONUÇLARI

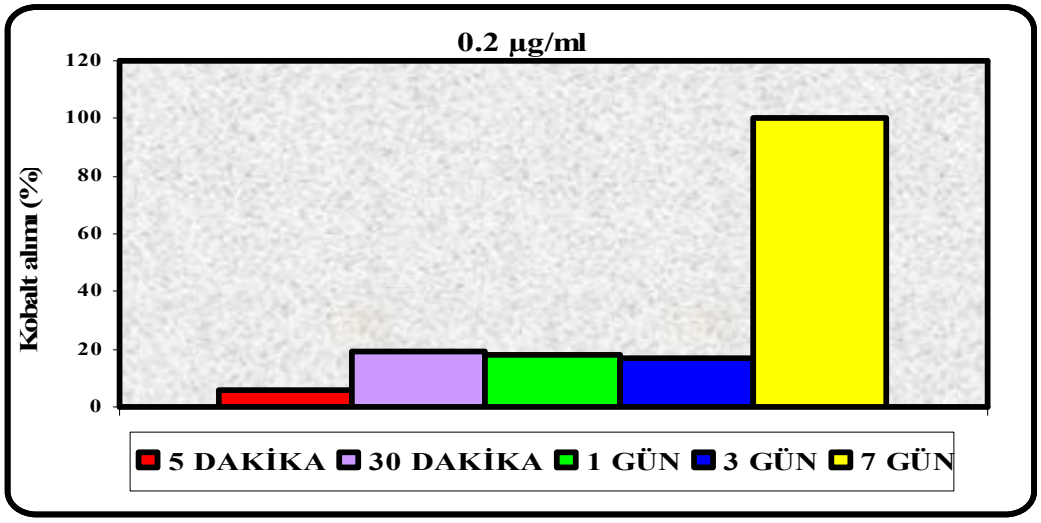
Yapılan bu çalışmada kültür ortamında yetiştirilen *Mougeotia* sp. kültürlerine *M. contortum* kültürlerinde olduğu gibi 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 µg/ml oranında kobalt, nikel ve çinko ağır metallerinden eklendi. 5 dakika, 30 dakika, 1 gün, 3 gün ve 7 gün sonundaki ağır metal alım miktarları, klorofil-*a* miktarları ve kuru ağırlık miktarları ölçüldü.

4.2.1. *Mougeotia s*p. Kobalt Alım Miktarları

Tablo 4.10 Farklı konsantrasyonda hazırlanan Kobalt'ın zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. tarafından alım miktarları

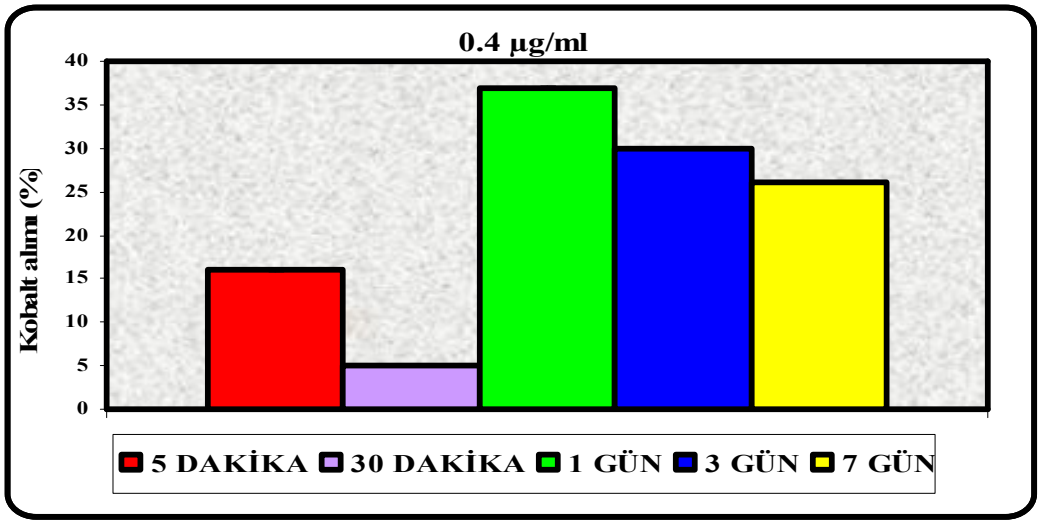
AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Kobalt (Co)	0.2	0.1883	0.1614	0.1642	0.1653	0.1392
	0.4	0.3367	0.3811	0.2529	0.2813	0.2970
	0.8	0.6931	0.7497	0.3455	0.4801	0.4476
	1.6	1.4832	1.5414	0.7295	0.8795	0.7670

Kobalt eklenen *Mougeotia* sp'deki alım miktarları Tablo 4.10'da gösterilmiştir. *Mougeotia* sp'deki ağır metal alım oranı *M. contortum*'a göre daha düşük bulundu. 0.2 µg/ml kobalt içeren *Mougeotia* sp. kültür ortamında ağır metal alımı 7. gün sonunda % 30 oranında oldu (Şekil 4.19). Alımın en fazla olduğu 7. günde klorofil-*a* miktarı en düşük oran çıktı (Şekil 4.23). Bununla birlikte ağır metal alımının % 17 olduğu üçüncü gün sonunda klorofil-*a* miktarında % 73'lük bir azalma tespit edildi. Biyomas kaybının en fazla olduğu 1. günde klorofil-*a* miktarı %32 oranında azalırken ağır metal alımı %18 oaranında gerçekleşti. En az ağır metal alımı 5 dakika sonunda yapılan ölçümde % 6 ile tespit edilirken klorofil-*a* konsantrasyonu % 30 ve biyomas kaybı da % 53 gibi yüksek oranda bulunmuştur (Şekil 4.24).



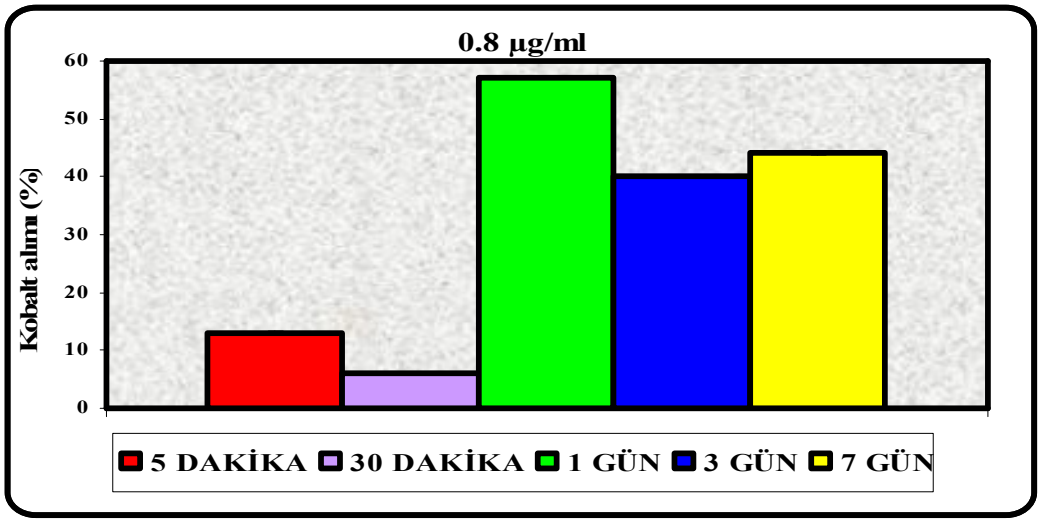
Şekil 4.19 0.2 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi

0.4 µg/ml kobalt içeren kültürlerde ise en fazla alım birinci gün sonunda % 37 oranında gerçekleşmiştir (Şekil 4.20). Öte yandan birinci gün sonunda yapılan ölçümde biyomas kaybı % 73 gibi çok yüksek oranda gerçekleşmiş klorofil-*a* miktarı ise % 47 oranında azalma göstermiştir (Tablo 4.11 ve Tablo 4.12). En düşük ağır metal alımının olduğu (% 5) 30 dakika sonunda klorofil-*a* konsantrasyonnda % 47'lik bir azalma tespit edildi. En düşük biyomas kaybı da 30 dakika sonunda yapılan gerçekleşti (Şekil 4.24).



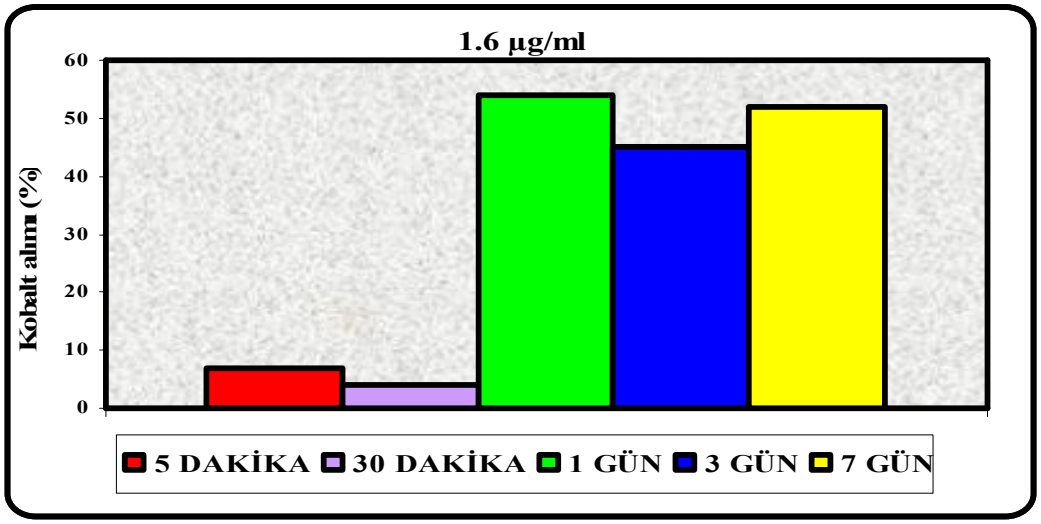
Şekil 4.20 0.4 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi

0.8 µg/ ml kobalt eklenen kültürlerde en fazla alım % 44 ile 7. günde gerçekleşmiştir.(Şekil 4.21) Alımın en fazla olduğu yedinci günde klorofil-*a* konsantrasyonu % 23 oranında artmış, biyomas da kaybı iseen düşük seviyesine düşmüştür (Şekil 4.24). Klorofil-*a* kaybının en yüksek olduğu (% 78 oranında) 30.dakika da ağır metal alımı en düşük oranda (% 6 oranında) bulunmuştur.



Şekil 4.21 0.8 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi

1.6 µg/ml konsantrasyonunda en yüksek kobalt alımı 1. gün sonunda gerçekleşmiştir. (Şekil 4.22) Alımın en fazla olduğu birinci günde algal biyomas ve klorofil-*a* konsantrasyonunda yüksek oranlarda kayıplar kaydedilmiştir. En az ağır metal alımı % 4'lük oranla 30 dakika sonunda gerçekleşmiştir. Klorofil-*a* konsantrasyonu ise ağır metal alımının yüksek olduğu 7. günde oldukça düşük seviyelere düşmüştür (Şekil 4.23).

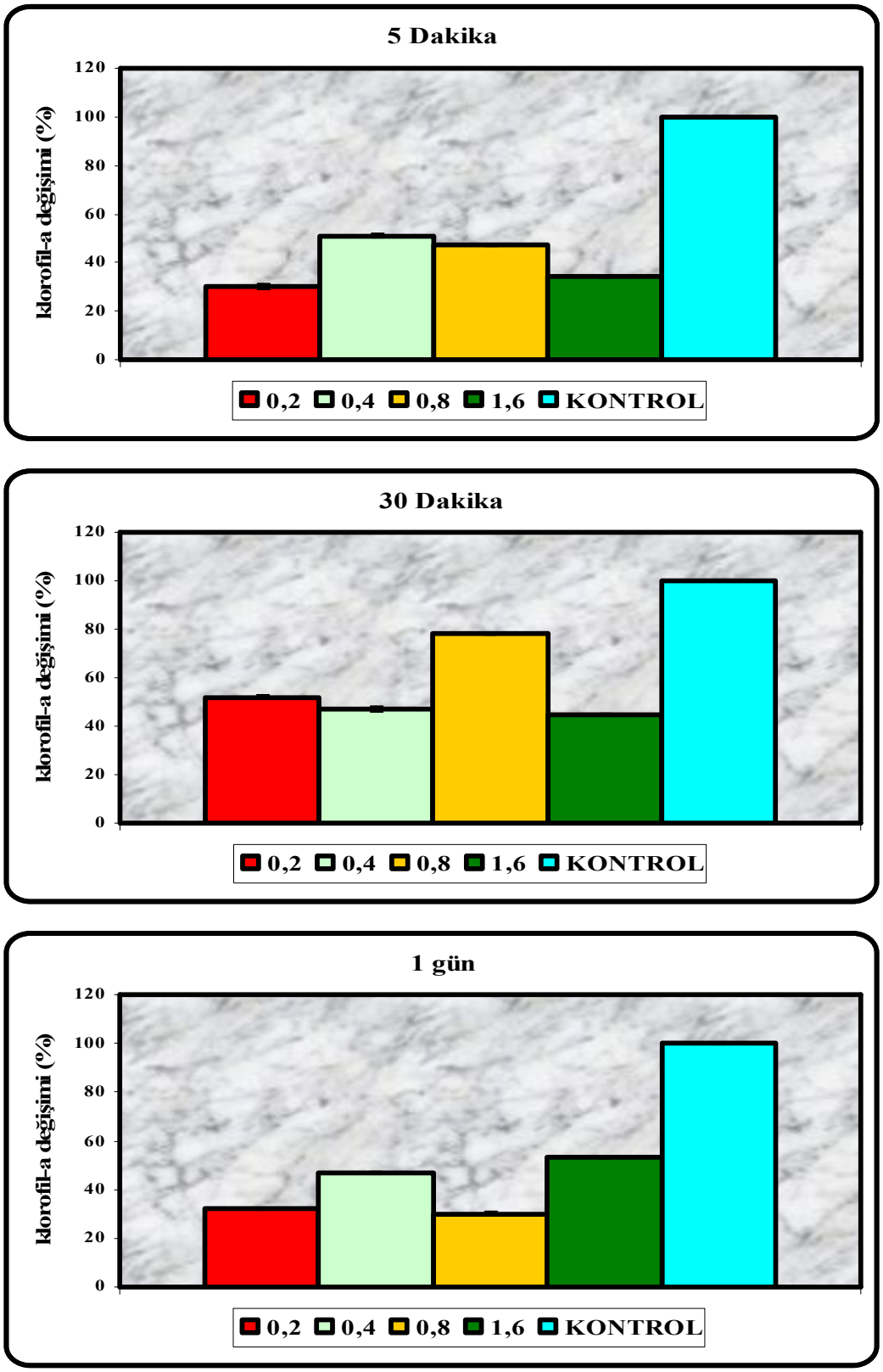


Şekil 4.22 1.6 µg/ml kobalt (Co) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Co alım yüzdesi

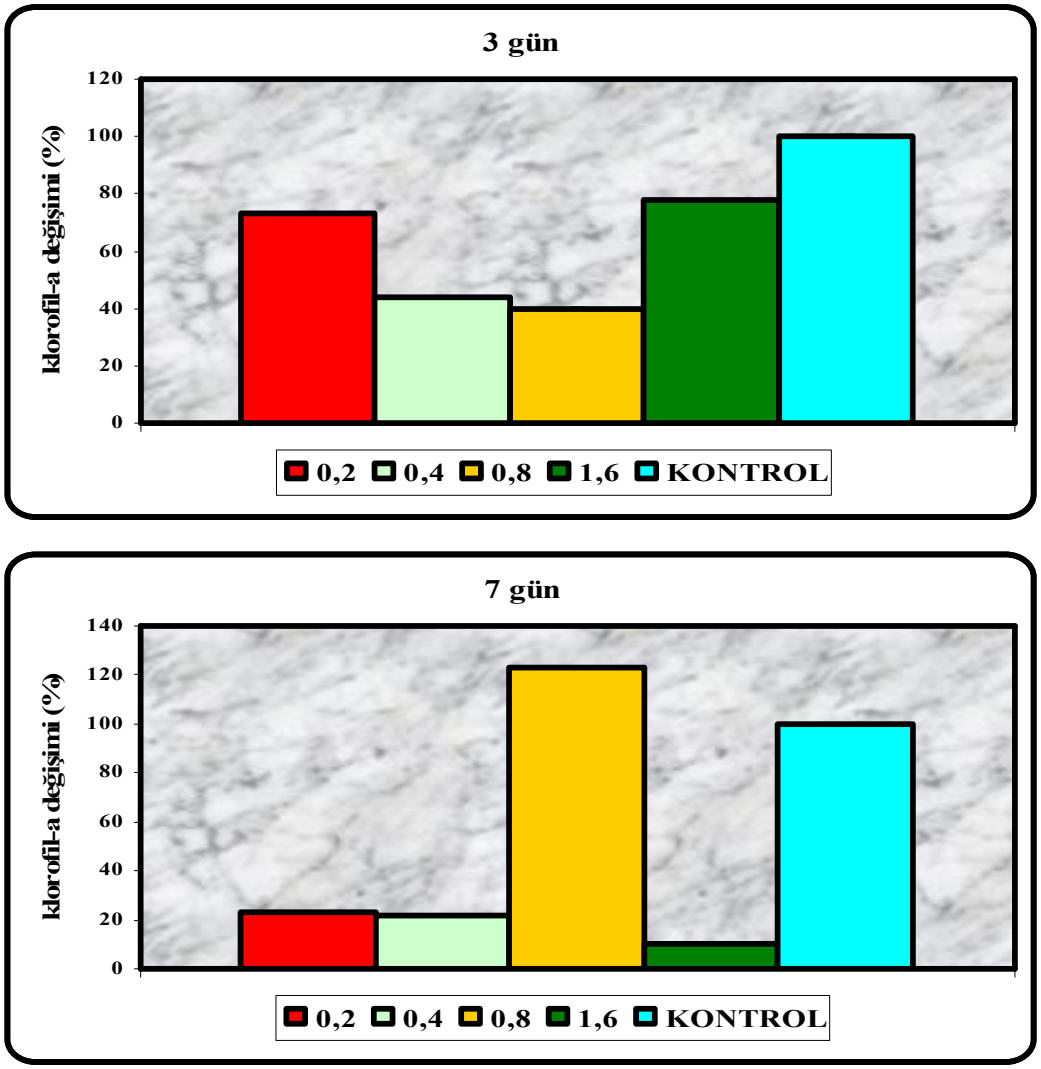
4.2.1.1 Kobalt Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları

Tablo 4.11 Farklı konsantrasyonda kobalt eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a* (µg/ml) konsantrasyonunun değişimi

AĞIR METAL	KONSANTRASYON µg/ml	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Kobalt (Co)	0.2	2,4	1,9	2,4	1,0	2,8
	0.4	1,7	2,1	1,9	2,1	2,9
	0.8	1,8	0, 9	2,5	2,3	4,5
	1.6	2,3	2,2	1,7	0,8	3,3
	KONTROL	3,4	4,0	3,6	3,8	3,7



Şekil 4.23 Farklı konsantrasyonlarda kobalt eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi.



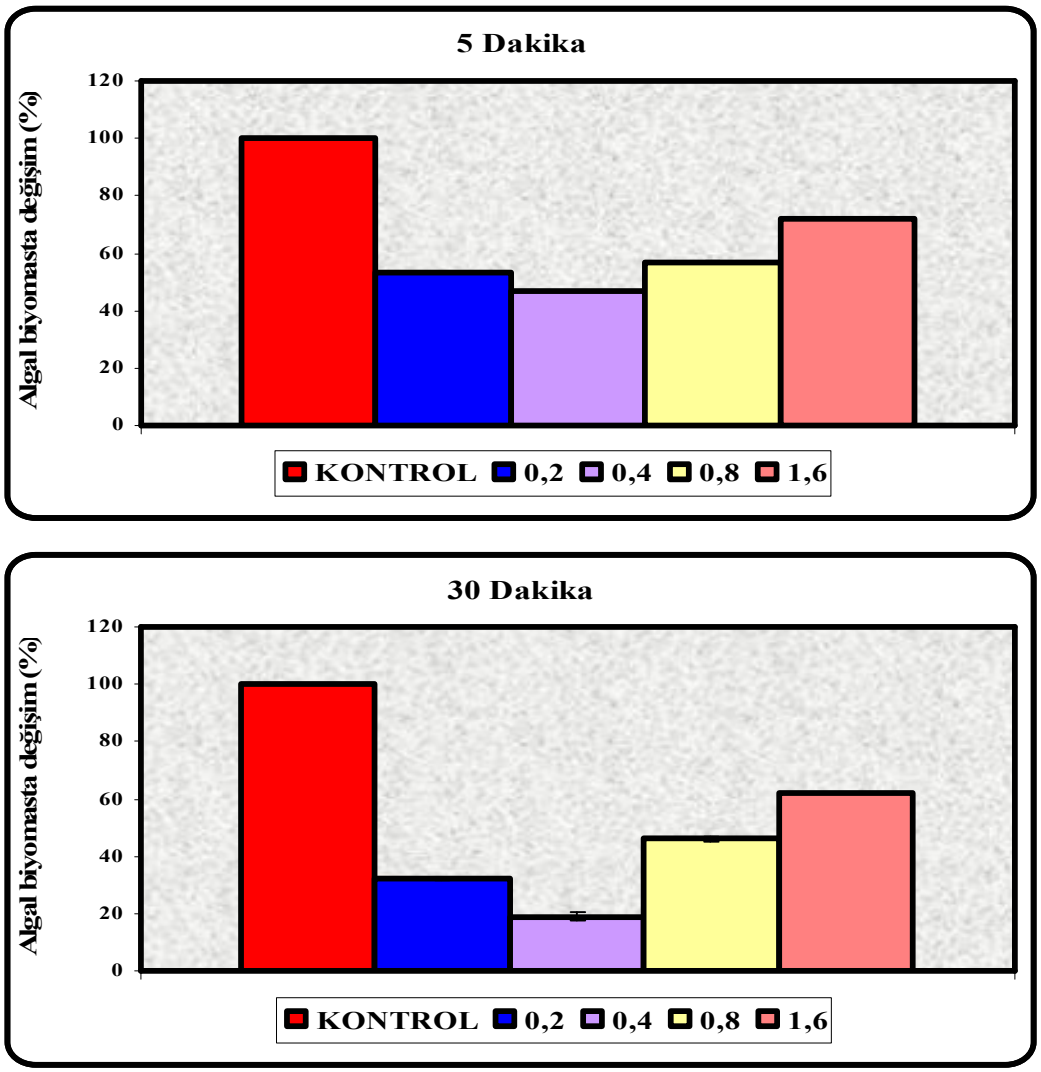
Şekil 4.23'ün devamı Farklı konsantrasyonlarda kobalt eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi

4.2.1.2 Kobalt Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Biyomas Miktarları

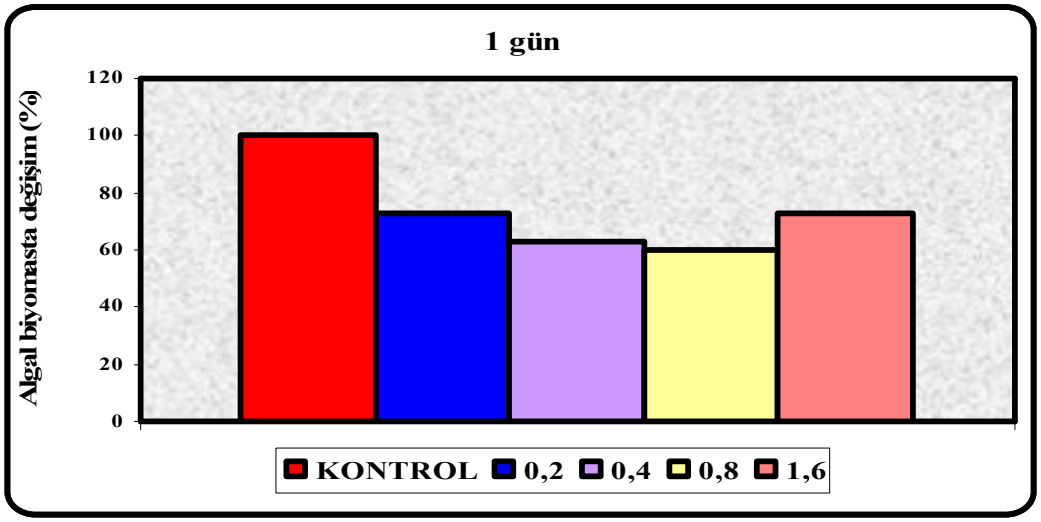
0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml kobalt eklenen *Mougeotia* sp. kültürlerindeki biyomas miktarları Tablo 4.12'de gösterilmiştir.

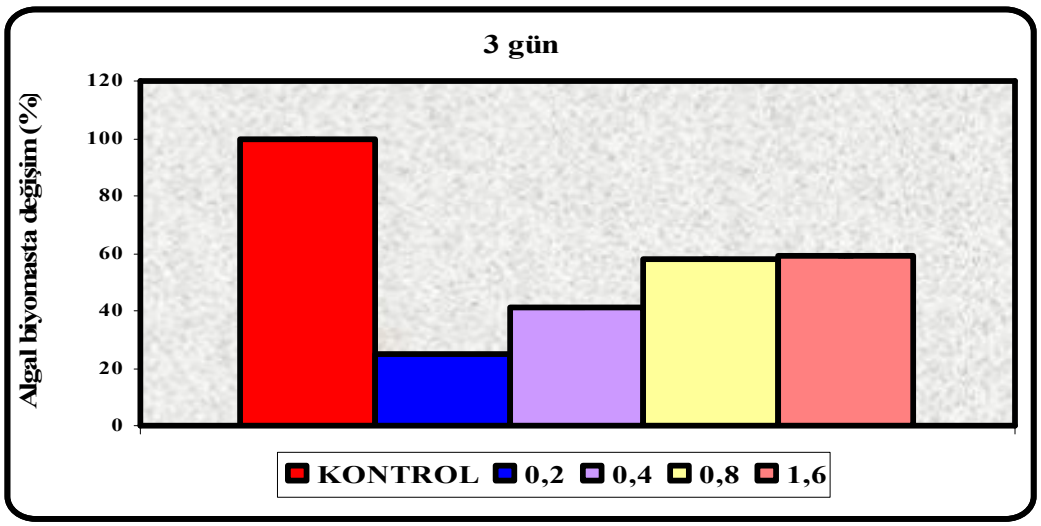
Tablo 4.12 Farklı konsantrasyonda hazırlanan kobalt'ın zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. biyoması (µg/ml) üzerine etkisi

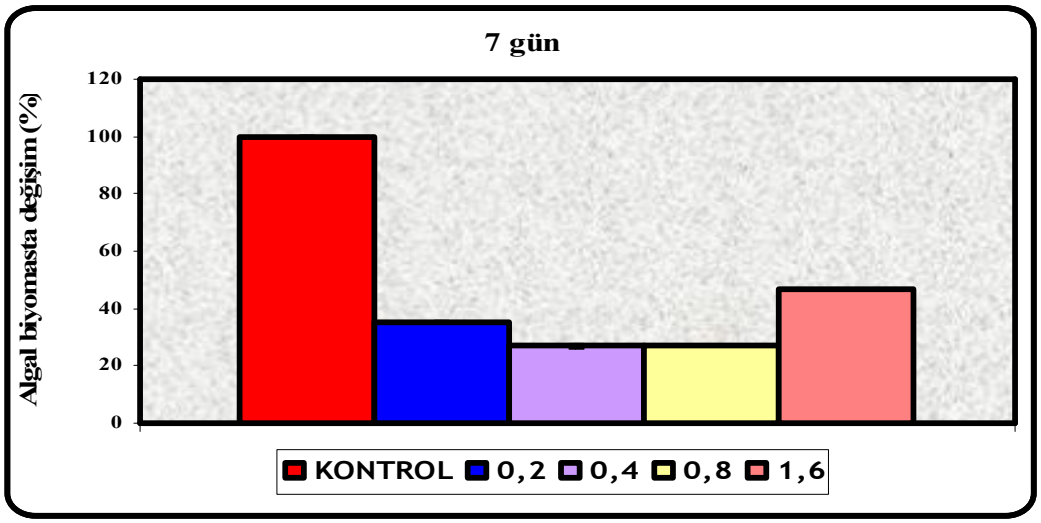
AĞIR METAL	KONSANTRASYON µg/ml	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Kobalt (Co)	0.2	1.6	2.2	1.1	3.3	1.9
	0.4	1.8	2.6	1.5	2.6	2.2
	0.8	1.5	1.7	1.6	1.8	2.2
	1.6	0.9	1.2	1.1	1.8	1.6
	KONTROL	3.4	3.2	4.0	4.4	3.0



Şekil 4.24 Farklı konsantrasyonda kobalt eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi







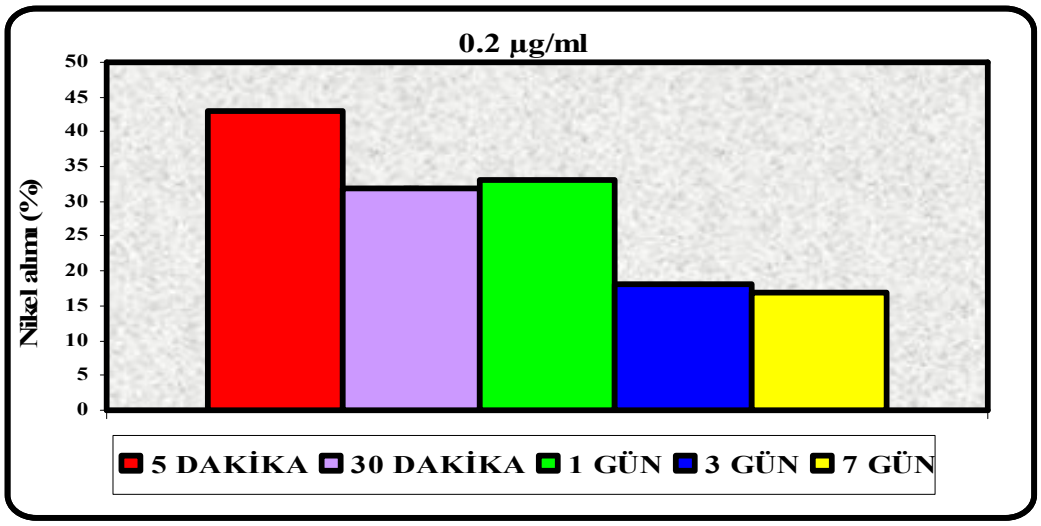
Şekil 4.24'ün devamı Farklı konsantrasyonda kobalt eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi

4.2.2 *Mougeotia* Sp. Nikel İlavesi Sonuçları

Tablo 4.13 Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan nikel'in zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. tarafından alım miktarları

AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Nikel (Ni)	0.2	0.1147	0.1356	0.1343	0.1635	0.1670
	0.4	0.3821	0.3215	0.3500	0.3823	0.3775
	0.8	0.7895	0.7699	0.6498	0.5498	0.5173
	1.6	1.0389	1.0327	0.9410	0.6480	0.5468

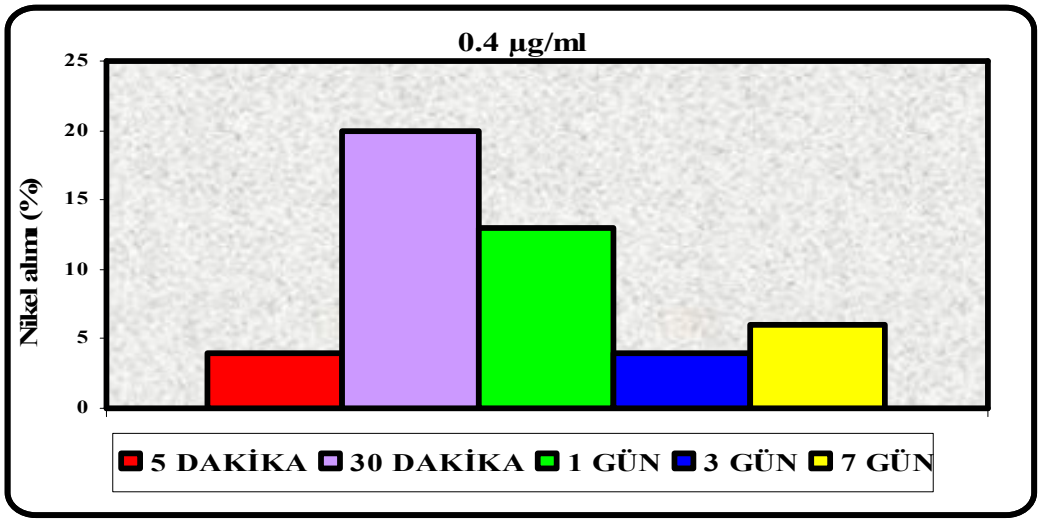
Nikel eklenen kültürlerdeki alım miktarları Tablo 4.13'te gösterilmiştir. Kültür ortamına eklenen 0.2 µg/ml konsantrasyondaki nikelin en fazla alımı 5. dakika sonunda % 43 oranını ile gerçekleşmiştir (Şekil 4.25). Bu süre sonunda klorofil-*a* konsantrasyonu ve biyomas kaybı sırası ile % 66 ve % 43 oranında azalmıştır. Klorofil-*a* konsantrasyonu 1. günün sonunda % 90 gibi daha yüksek oranınlarda azalma göstermiştir (Şekil 4.29). En düşük nikel alımı ve en düşük klorofil-*a* kaybı 7. gün sonunda gerçekleşmiş; biyomas kaybı ise olmamıştır (Şekil 4.30).



Şekil 4.25 0.2 µg/ml Nikel (Ni) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi

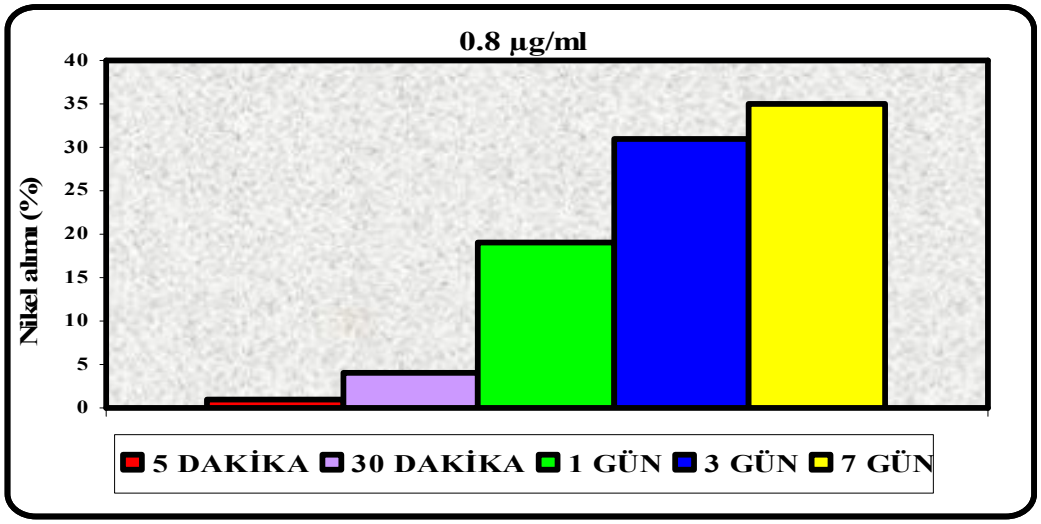
0.4 µg/ml nikel içeren kültürlerde en yüksek alım % 20 ile 30 dakikada gerçekleşmiştir (Şekil 4.26). Bu süre de klorofil-*a* konsantrasyonu % 73 oranında azalma göstermiş, biyomas kaybı ise % 49 oranında bulunmuştur. En düşük nikel alımı 5 dakika ve 3 gün

sonunda % 4 oranında gerçekleşmiştir. 5 dakika sonunda klorofi-*a* konsantrasyonu % 61 oranında azalırken, 3. gün sonunda bu oran % 23'e düşmüştür. Biyomas kaybı ise 5 dakikada sonunda % 29 iken 3. günde % 41'e gerilemiş, en düşük biyomas kaybı ise 7 gün sonunda kaydedilmiştir (Tablo 4.15).



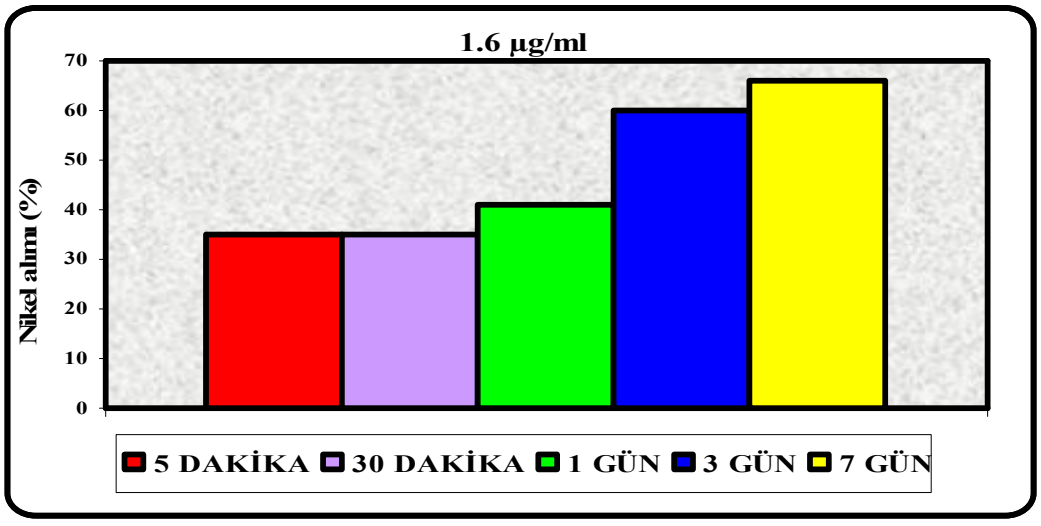
Şekil 4.26 0.4 µg/ml Nikel (Ni) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi

0,8 µg/ml nikel konsantrasyonuna sahip kültürlerde en yüksek alım 7. gün sonunda % 35 ile gerçekleşmiştir (Şekil 4.27). Buna karşılık klorofil-*a* konsantrasyonu % 30 ve biyomas kaybı % 23 oranında azalma göstermiştir. En düşük nikel alımı % 1 oranı ile 5 dakika sonunda ölçülmüş, bu sürede klorofil-*a* konsantrasyonu da % 60 oranında azalmış; benzer şekilde biyomas kaybı da 5 dakika sonunda en yüksek değerine ulaşmıştır (Şekil 4.30).



Şekil 4.27 0.8 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi

1.6 µg/ml nikel eklemesi yapılan kültürlerde en yüksek nikel alımı % 66 oranı ile 7. gün sonunda ölçülmüştür (Şekil 4.28). Alımın en yüksek olduğu 7. günde klorofil-*a* konsantrasyonu %64 oranında azalmış (Tablo 4.14), bununla birlikte düşük oranda biyomas kaybı tespit edilmiştir. 1 ve 3 gündeki klorofil-*a* konsantrasyonu % 70 oranında azalma göstermiştir (Şekil 4.29). En yüksek biyomas kaybı 3. gün sonunda gerçekleşirken klorofil-*a* konsantrasyonu % 70 oranında azalma göstermiştir. Bu sürede nikel alımı % 60 oranında bulunmuştur. 1.6 µg/ml nikel eklemesi yapılan ölçümlerde en düşük nikel alımı 5 dakika ve 30 dakika sonunda yapılan ölçümlerde kaydedilmiştir. (Şekil 4.28)

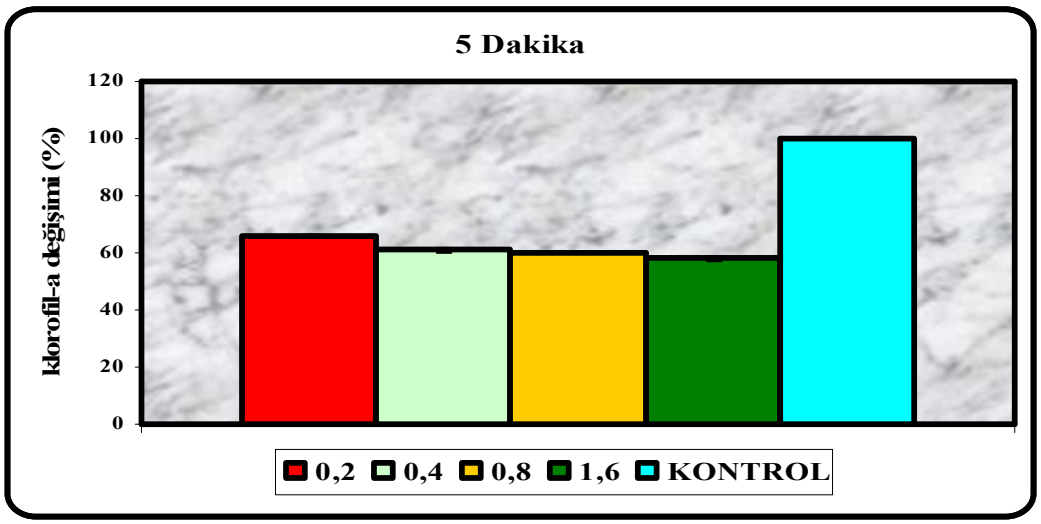


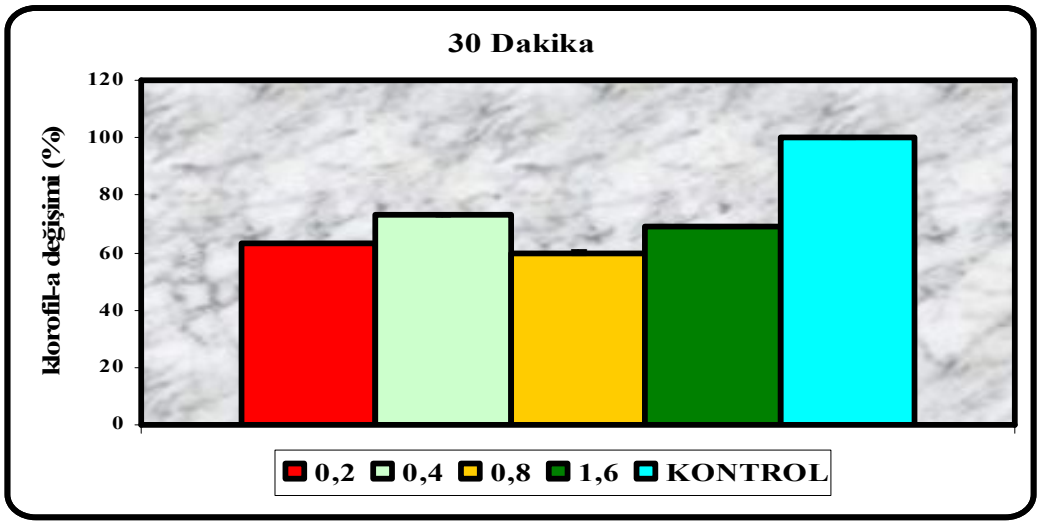
Şekil 4.28 1.6 µg/ml nikel (Ni) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Ni alım yüzdesinin değişimi

4.2.2.1 Nikel Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları

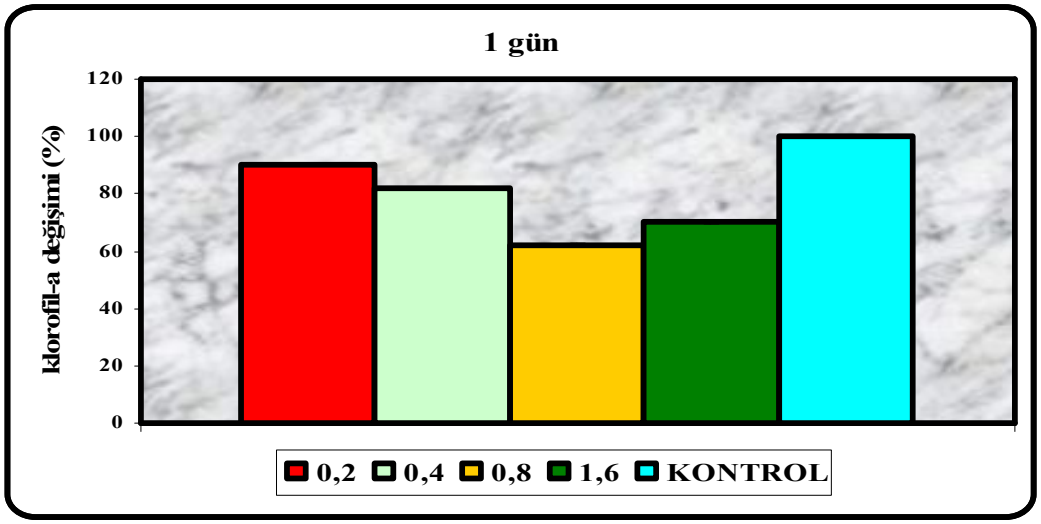
Tablo 4.14 Farklı konsantrasyonda nikel eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a* (µg/ml) konsantrasyonunun değişimi

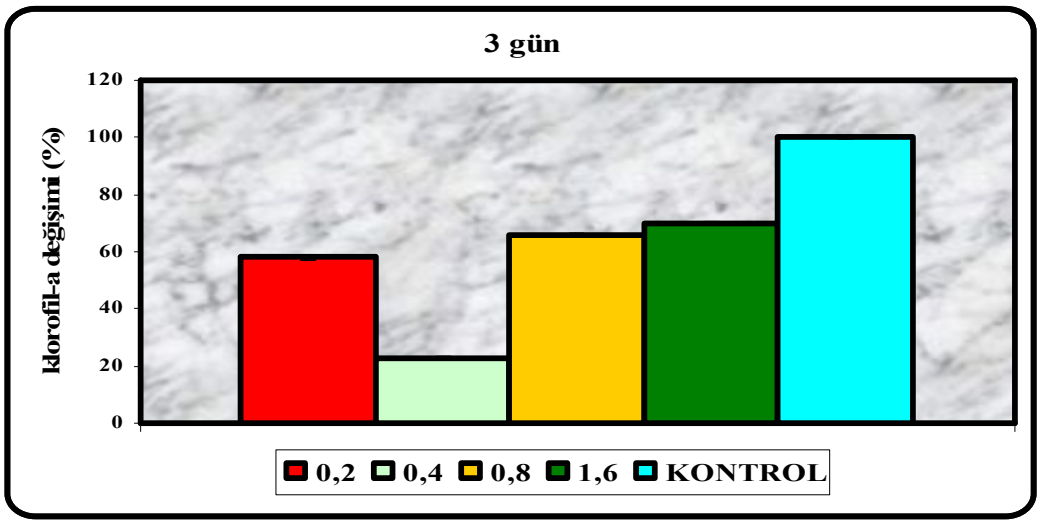
AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Nikel (Ni)	0.2	1.2	1.5	0.4	1.6	1.6
	0.4	1.2	1.1	0.7	2.9	2.7
	0.8	1.4	1.6	1.4	1.3	2.6
	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.3
	KONTROL	3.4	4.0	3.6	3.8	3.7

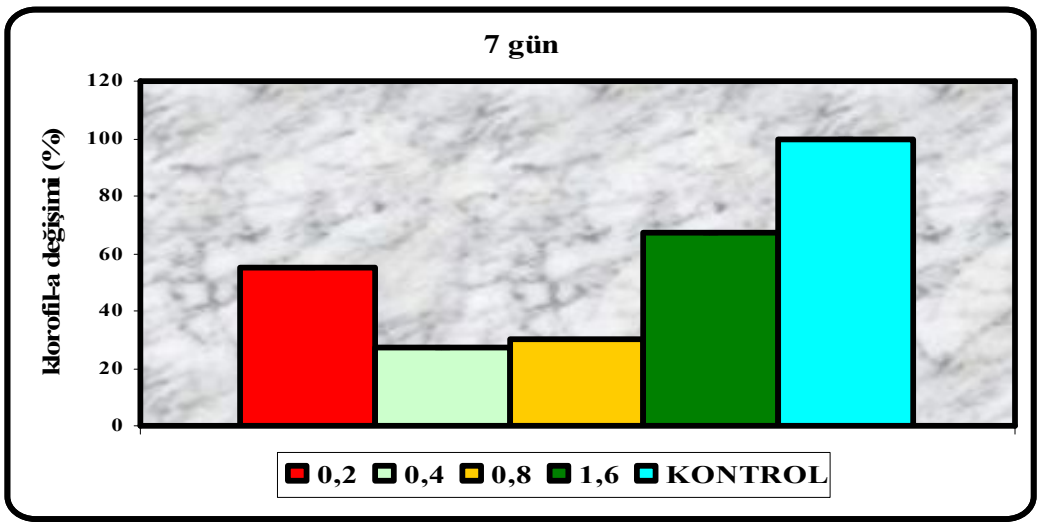




Şekil 4.29 Farklı konsantrasyonlarda nikel eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi





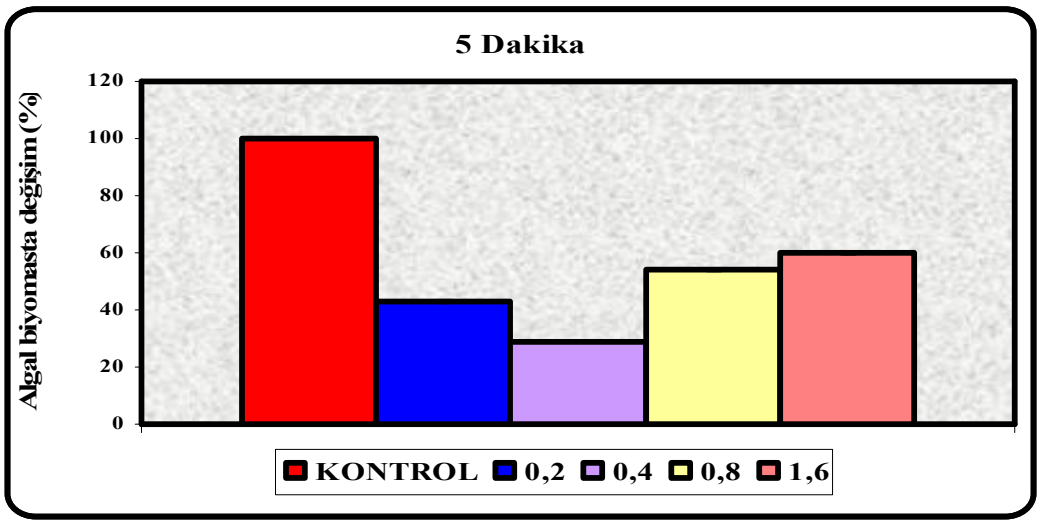


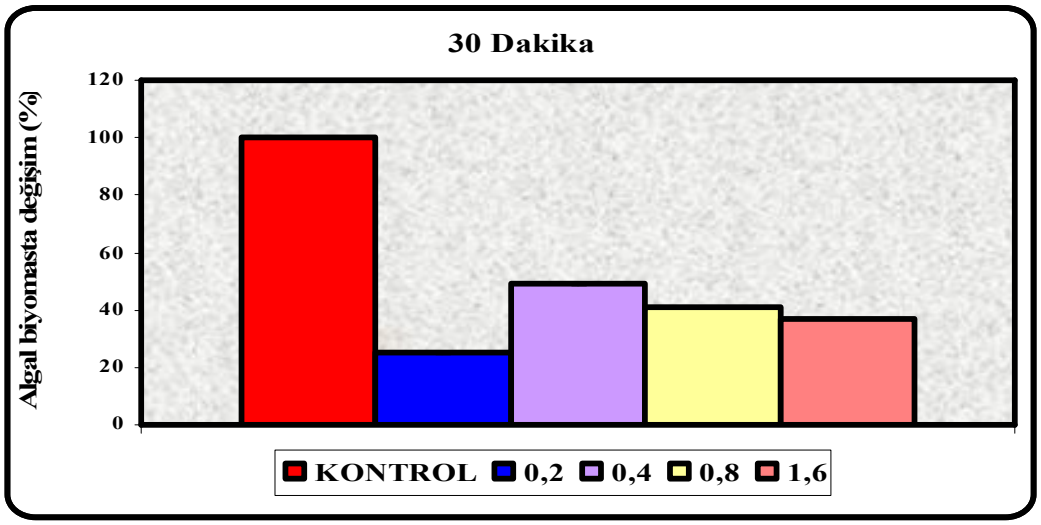
Şekil 4.29'un devamı Farklı konsantrasyonlarda nikel eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi

4.2.2.2 Nikel Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Biyomas Miktarları

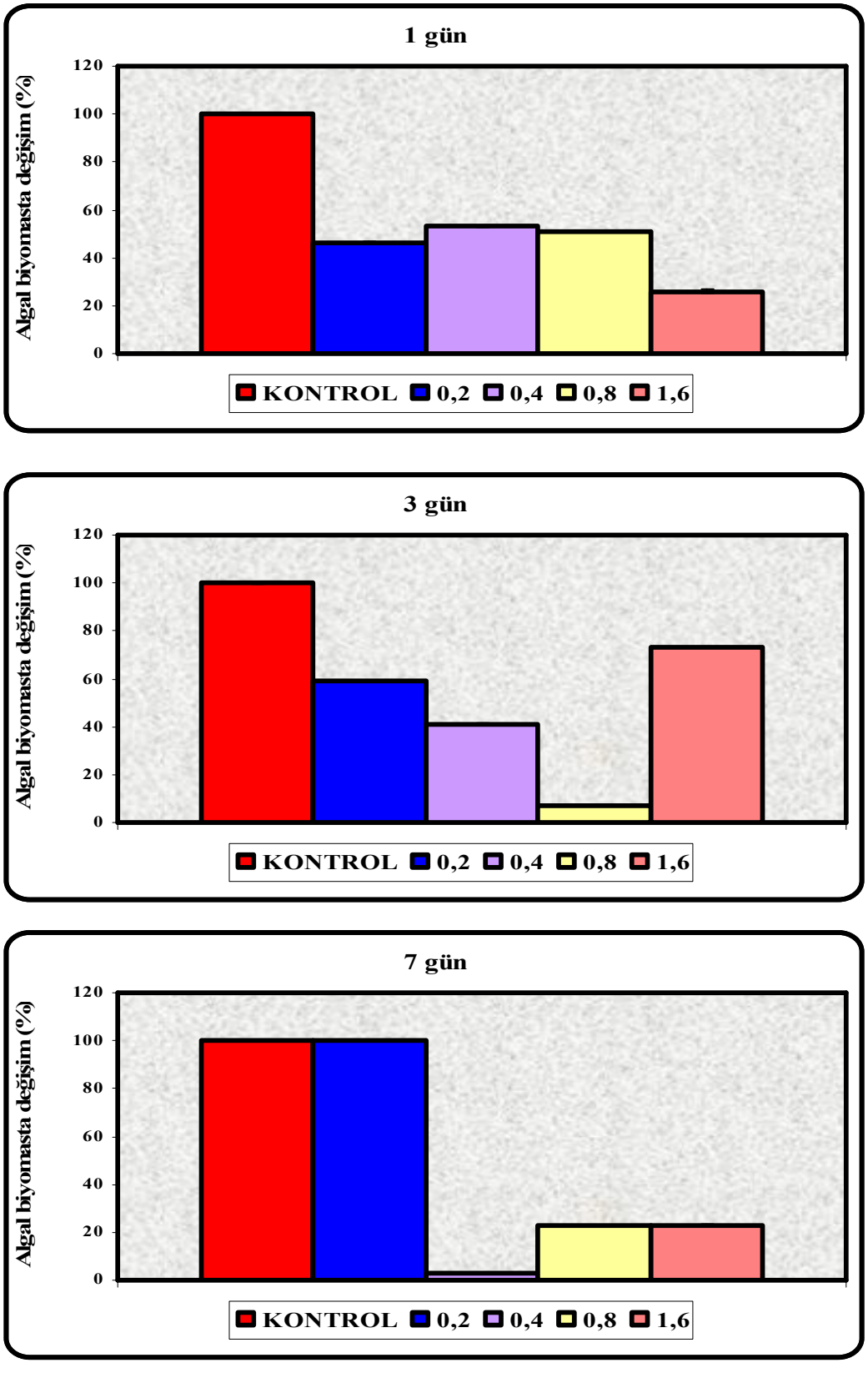
Tablo 4.15 Farklı konsantrasyonda hazırlanan nikel'in zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. biyoması (µg/ml) üzerine etkisi

AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Nikel (Ni)	0.2	1.9	2.4	2.2	1.8	3.0
	0.4	2.4	1.6	1.9	2.6	2.9
	0.8	1.6	1.8	2.0	4.1	2.3
	1.6	1.4	2.0	3.0	1.2	2.3
	KONTROL	3.4	3.1	4.1	4.4	3.0





Şekil 4.30 Farklı konsantrasyonda nikel eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi



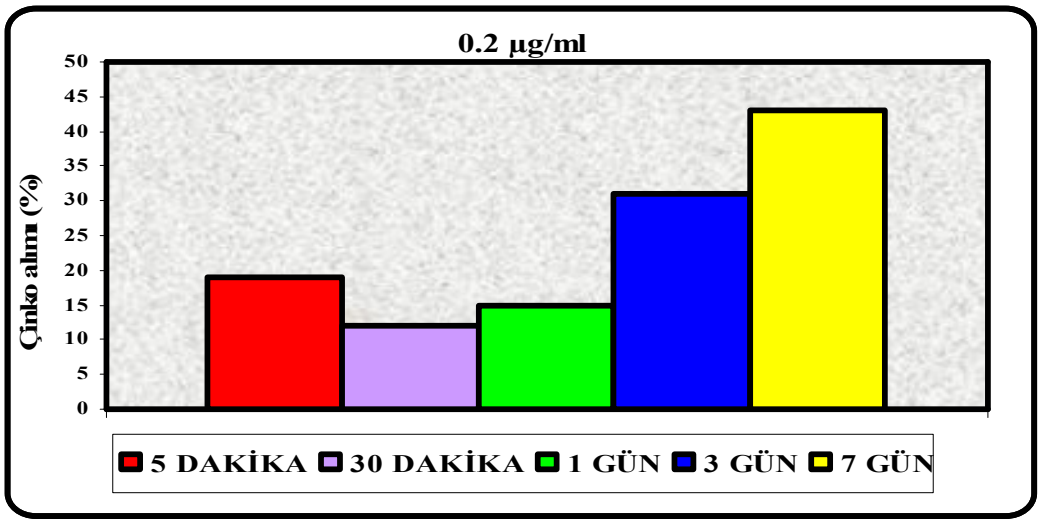
Şekil 4.30'un devamı Farklı konsantrasyonda nikel eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi

4.2.3 *Mougeotia* sp. Çinko İlavesi Sonuçları

Tablo 4.16 Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan çinko (Zn)'nun zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. tarafından alım miktarları

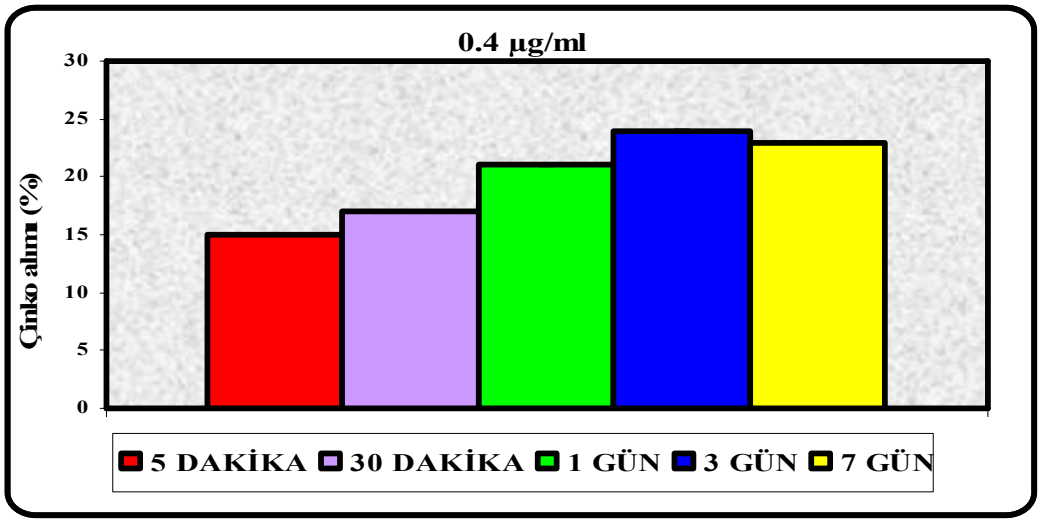
AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Çinko (Zn)	0.2	0.1625	0.1768	0.1697	0.1382	0.1137
	0.4	0.3414	0.3306	0.3142	0.3047	0.3063
	0.8	0.5051	0.5885	0.5865	0.5697	0.5242
	1.6	1.3976	1.2291	1.3657	1.2408	1.2101

Tablo 4.16'de çinkonun zamana bağlı farklı konsantrasyonlardaki alımı gösterilmiştir. 0.2 µg/ml çinko eklemesi ile yapılan ölçümlerde en düşük çinko alımı % 12 ile 30 dakika sonunda ve en yüksek çinko alımı % 43 ile 7. gün sonunda ölçülmüştür (Şekil 4.31). Çinko alımının az olduğu 30 dakika sonunda klorofil-*a* ve algal biyomas kaybı oldukça yüksek bulunmuştur. Alımın en yüksek olduğu yedinci günde klorofil-*a* ve algal biyomas miktarının da sırası ile % 2 ve % 8 oranında arttığı tespit edilmiştir. 0.2 µg/ml çinko eklemesi ile yapılan ölçümlerde en yüksek klorofil-*a* kaybı birinci gün sonunda ölçülmüştür (Tablo 4.17 ve Tablo 4.18). Klorofil-*a* kaybının en yüksek olduğu birinci gün sonunda algal biyomas kaybı % 15 olmuştur (Şekil 4.36).



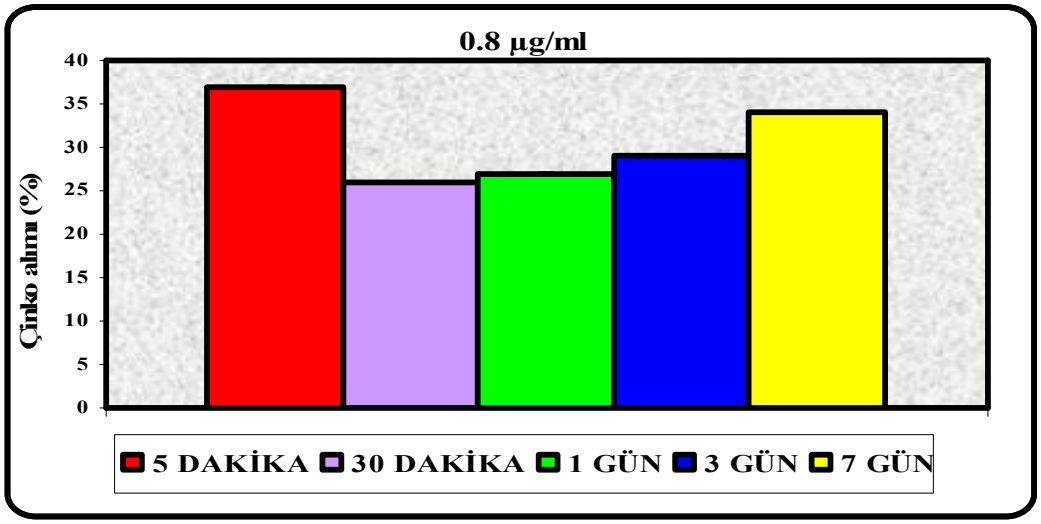
Şekil 4.31 0.2 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi

0.4 µg/ml ekleme yapılan kültürlerde çinko alım miktarı ilk 5 dakika sonunda % 15 iken 3. gün sonunda % 24 oranıyla en yüksek değerine ulaşmıştır (Şekil 4.32). Algal biyomas kaybı ise ilk 5 dakika sonunda en yüksek değerine ulaştı. Klorofil-*a* konsantrasyonu en düşük değerine 30 dakika sonunda ulaştı. 7. gün sonunda yapılan ölçümlerde ise kayda değer bir değişim gözlenmedi (Şekil 4.35).



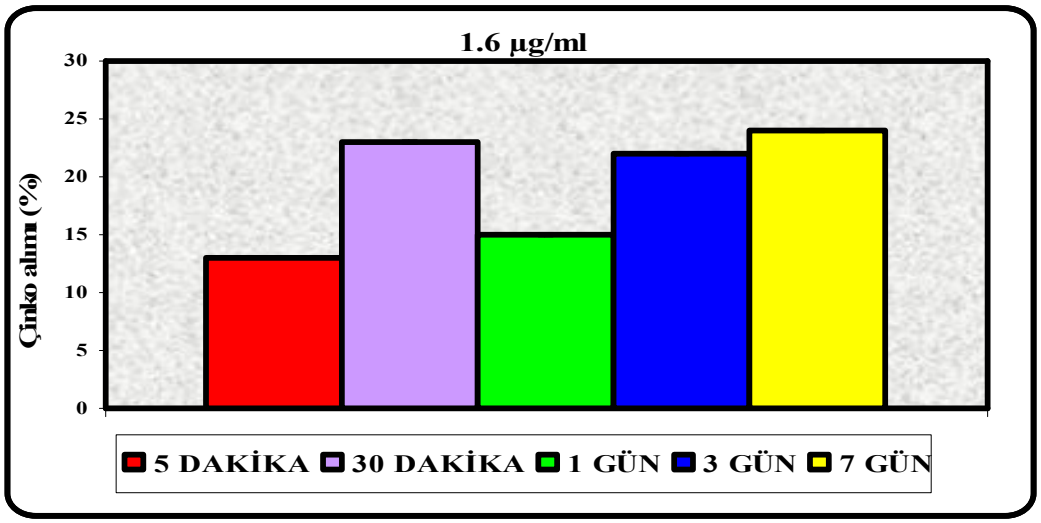
Şekil 4.32 0.4 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi

0.8 µg/ml çinko içeren kültürlerde en yüksek alım 5 dakika sonunda % 37 ile gerçekleşti (Şekil 4.33). Bu süre sonunda biyomas kaybı da oldukça yüksek değerlere ulaştı (Şekil 4.36). Ölçülen parametrelerden klorofil-*a,* 30 dakika sonunda % 58 oranında azalma gösterdi. Klorofil-*a* konsantrasyonunun en düşük değerde ölçüldüğü 30 dakika da % 26 en düşük ağır metal alımı gerçekleşti.



Şekil 4.33 0.8 µg/ml çinko (Zn) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi

1.6 µg/ml çinko içeren kültürlerde ise 5 dakika sonunda en düşük çinko alımı görülürken en yüksek alım yedinci gün sonunda gerçekleşti (Şekil 4.34). Klorofil-*a* konsantrasyonundaki azalma ise daha düşük değerde bulundu. Çinko alımının aksine en yüksek biyomas kaybı 5 dakika sonunda % 68 oranında gerçekleşti.

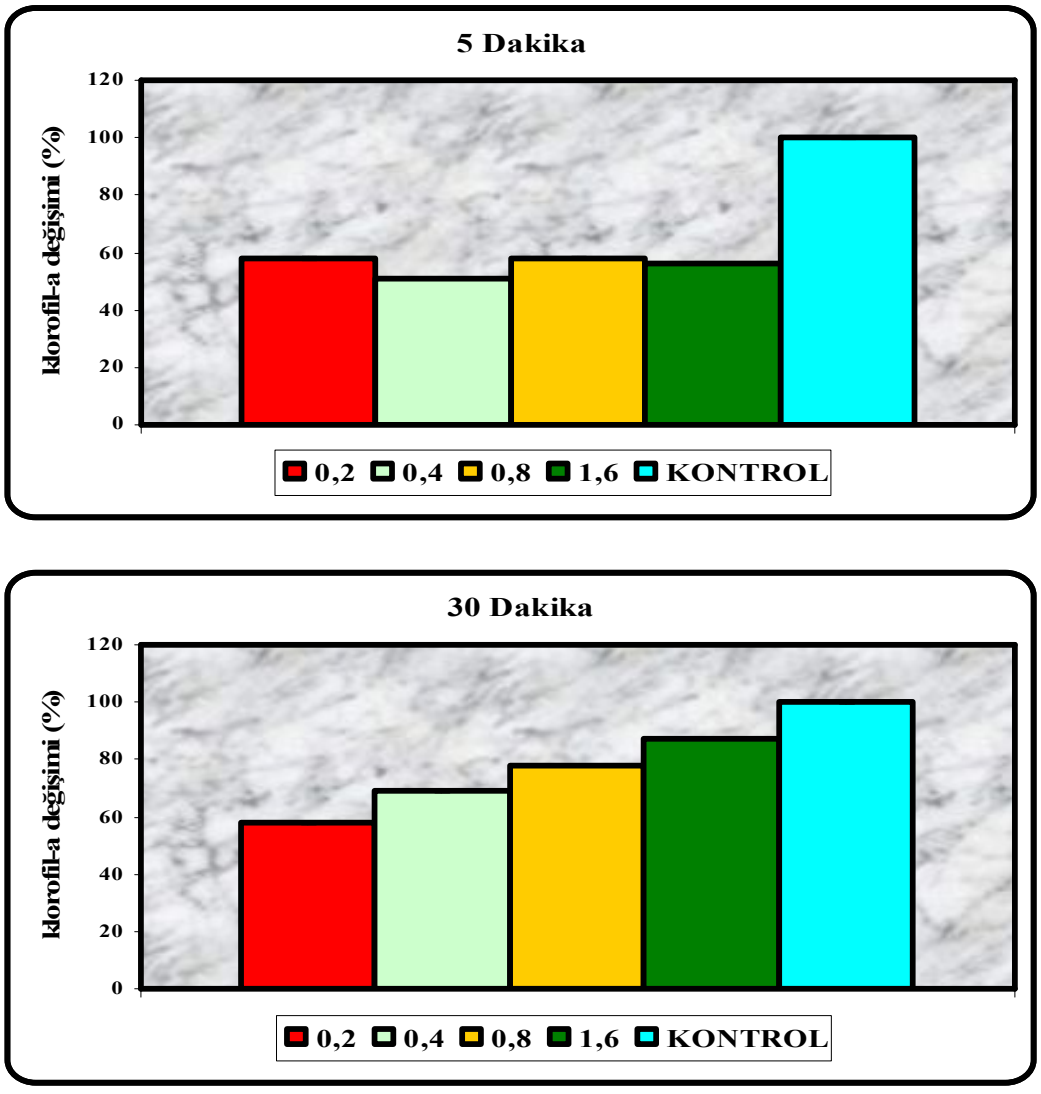


Şekil 4.34 1.6 µg/ml Çinko (Zn) eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde Zn alım yüzdesinin değişimi

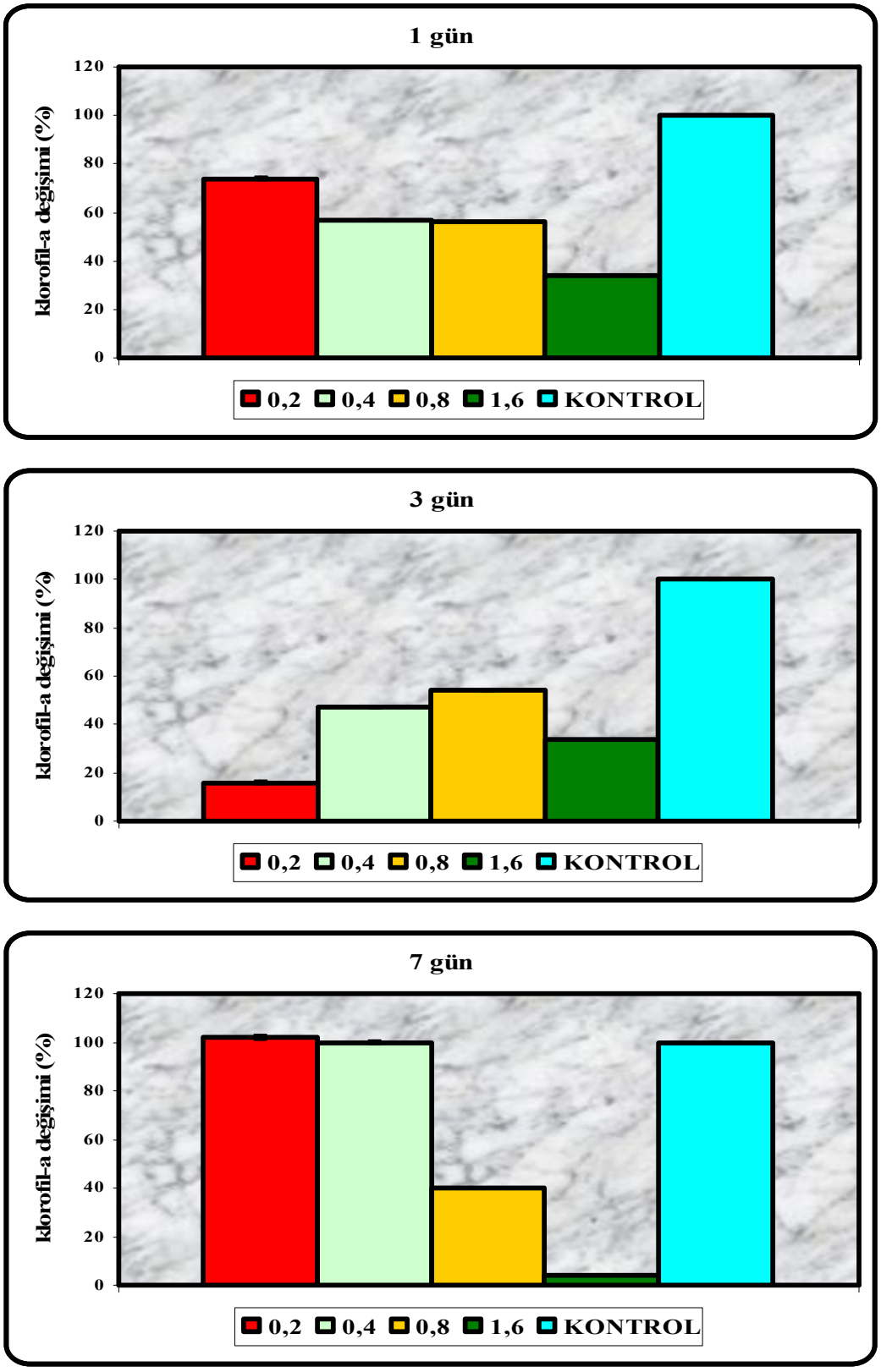
4.2.3.1 Çinko Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Klorofil-a Alım Miktarları

Tablo 4.17 Farklı konsantrasyonda çinko eklenmiş *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) klorofil-*a* (µg/ml) konsantrasyonunun değişimi

AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Çinko (Zn)	0.2	1.4	1.7	0.9	3.2	3.8
	0.4	1.7	1.2	1.5	2.0	3.7
	0.8	1.4	0.9	1.6	1.8	2. 2
	1.6	1.5	0.5	1.4	2.5	3.6
	KONTROL	3.4	4.0	3.6	3.8	3.7



Şekil 4.35 Farklı konsantrasyonlarda çinko eklenen *Mougeotia* sp. kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi

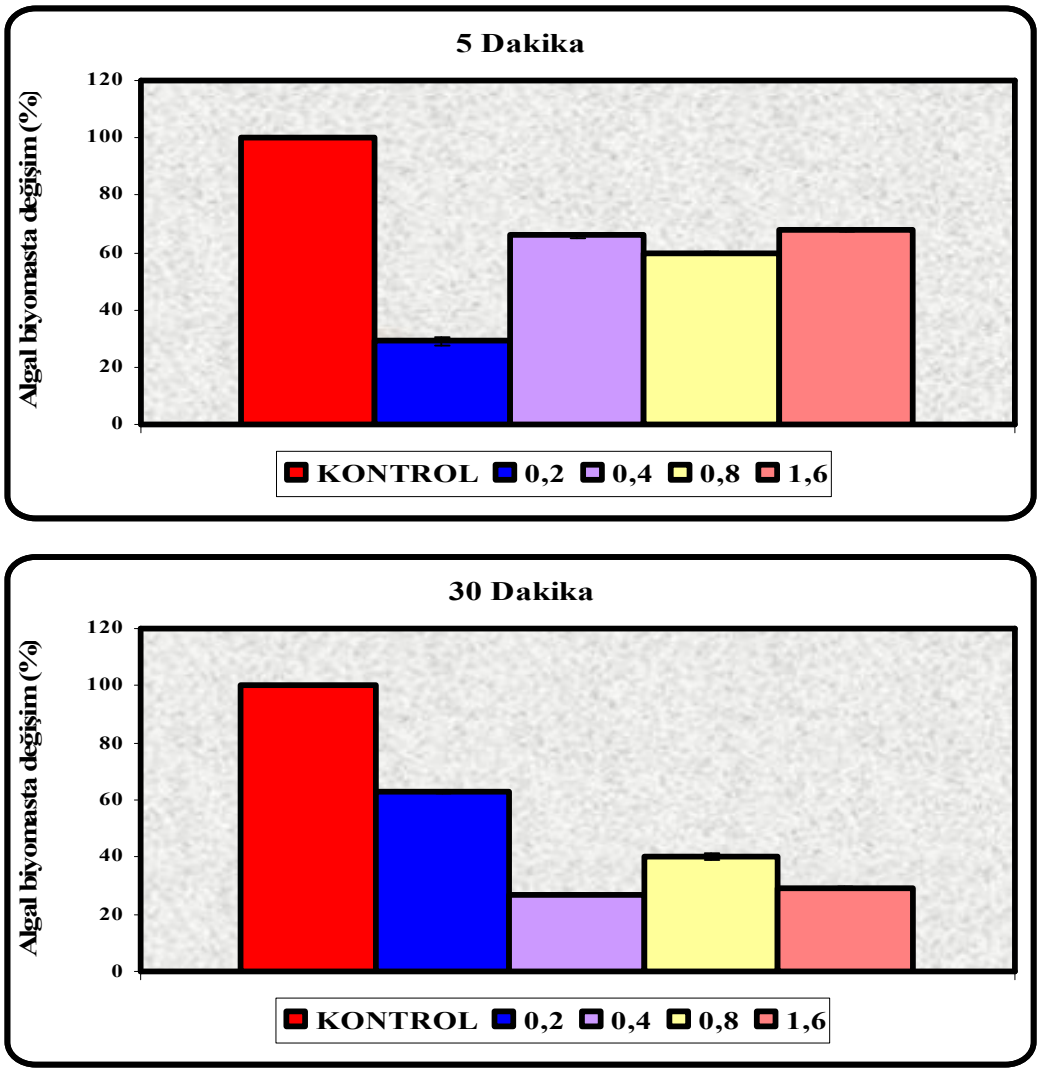


Şekil 4.35'in Farklı konsantrasyonlarda çinko eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde klorofil-*a* miktarındaki % değişimi

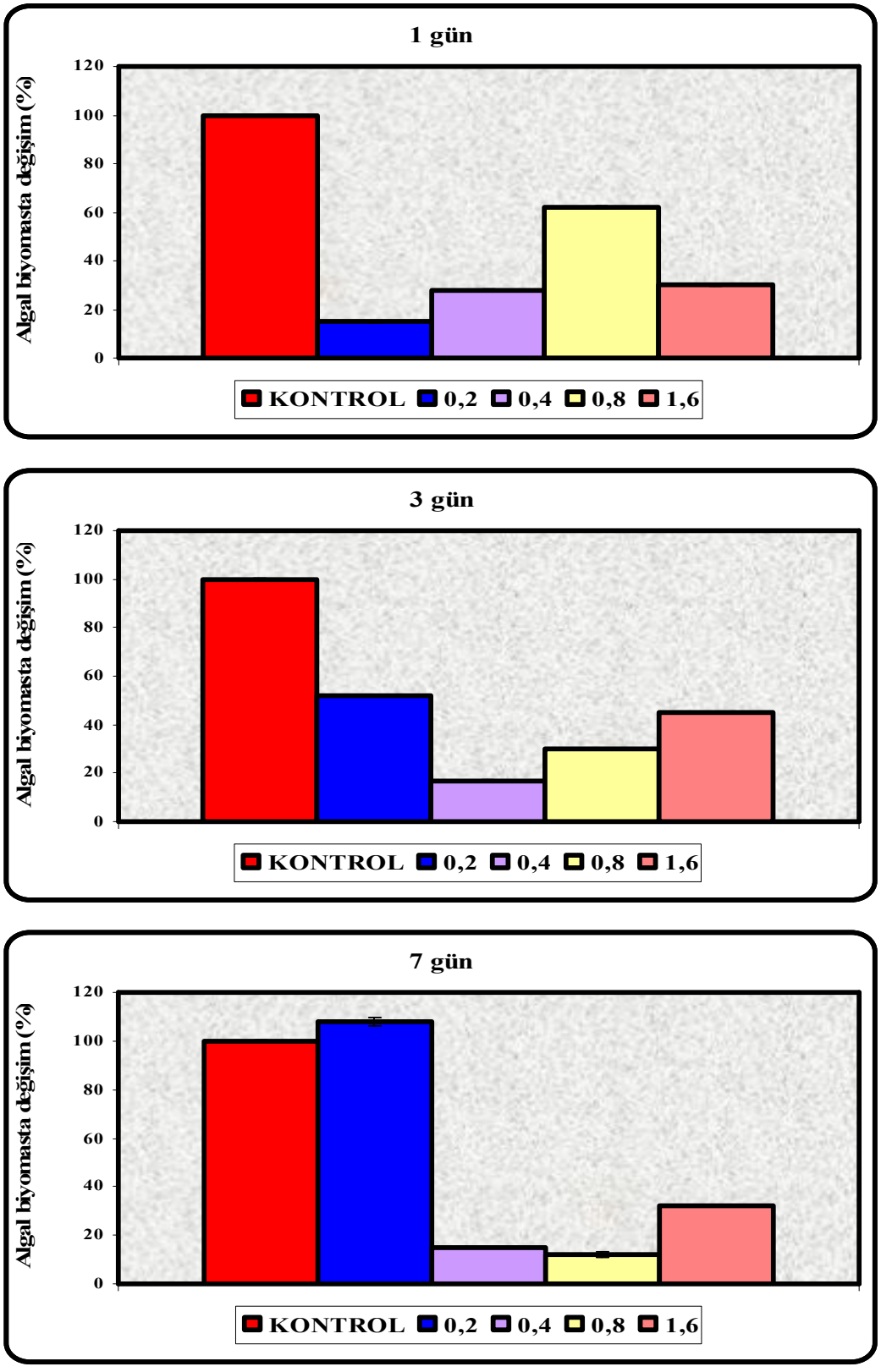
4.2.3.2 Çinko Eklenmiş Mougeotia sp. Kültürlerindeki Biyomas Miktarları

Tablo 4.18 Farklı konsantrasyonda hazırlanan çinko'nun zaman sürecinde (5 dak., 30 dak., 1, 3 ve 7 gün) *Mougeotia* sp. biyoması (µg/ml) üzerine etkisi

AĞIR METAL	KONSANTRASYON (µg/ml)	SÜRE				
		5 DAKİKA	30 DAKİKA	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN
Çinko (Zn)	0.2	2.4	1.2	3. 5	2.1	3.2
	0.4	1.2	2.3	2.9	3.7	2.6
	0.8	1.4	1.9	1.6	3.1	2.7
	1.6	1.1	2.3	2.9	2.4	2.1
	KONTROL	3.4	3.2	4.1	4.4	3.0



Şekil 4.36 Farklı konsantrasyonda çinko eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi



Şekil 4.36 Farklı konsantrasyonda çinko eklenen *Mougeotia* sp kültürlerinde zaman sürecinde algal biyomas yüzde değişimi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Mougeotia sp.nin izole edildiği Sapanca gölünün başta Adapazarı olmak üzere içme suyu olarak kullanılması, sanayi tesisleri tarafından yüksek miktarlarda su çekilmesi, gölün kuzey bölümünden otoban geçişi sonrasında yoğun yapılaşmaya maruz bırakılması sonrasında gölün su kalitesinde önemli değişimler gözlenmeye başlamıştır. Gölün daha çok organik kirleticiler ile zenginleştirilmesi ile ortaya çıkan bu değişim çeşitli araştırmalarla izlenmiştir (Temel, M. 1995-1999; Morkoç ve diğ.,1998; Tanık ve diğ., 1998; Albay ve diğ., 2003; Akçaalan, 2004; Aykulu ve diğ., 2006). Fakat otoban ve diğer sanayi tesislerinden kaynaklanan ağır metal kirlenmesine yönelik araştırma sayısı azdır (Yalçın ve Sevinç, 1993; Aksoy ve diğ., 2005). *M. contortum*'un izole edildiği Küçükçekmece Gölü çevresinde endüstriyel boyutta üretim yapan fakat atıklarını hiçbir arıtıma tabi tutmadan göle veren içerisinde ağır metal kirleticilerinin de olduğu işletmeler bulunmaktadır. Bu gölde su kalitesi problemleri ile ilgili olarak Topçuoğlu ve diğ., (1992, 1997), Pehlivan ve Yılmaz (1997), Esen ve diğ. (1999) ve Albay ve diğ. (2005) çalışmaları mevcuttur. Bu araştırmalarda seçilen bazı su kalitesi parametreleri (ağır metal ölçümleri de dahil) ölçümler yapılmış; ayrıca göl suyunun kullanılabilirliği ve ötröfikasyon problemleri de araştırılmıştır. Şimdiye kadar bu iki gölden izole edilen iki fitoplankterin kültür koşullarında çoğaltılarak ağır metal eklemesi yapılarak adsorblama kapasitelerinin ortaya çıkarılması ve eklenen ağır metallerin fitoplankterlerin biyomas ve klorofil-*a* değerleri üzerine etkisi detaylı olarak araştırılmamıştır.

Su havzalarının içerisinde ağır metallerinde bulunduğu atıklar ile kirletilerek insan sağlığını da tehdit eder boyuta ulaşması bir çok ülkede bu konuya özel önem verilmesine neden olmuştur. Ağır metallerin başta birinci üreticiler olan algler tarafından alınarak besin zincirine katılması ve diğer canlı grupları vasıtası ile insanlara kadar taşınım mekanizması ortaya çıkarılması araştırıcıların büyük ilgisini çekmiştir. Bu amaçla bir çok ülkede çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Ülkemizde ise bu konuda yapılan araştırmalar son derece yetersizdir (Dönmez ve diğ., 2001; Aksu ve diğ., 1992; Topçuoğlu 1992). Ülkemizde sanayi tesislerinin arıtma tesislerinin çok azının etkili bir şekilde çalıştığı düşünülürse alglerin ağır metal alımları ile ilgili araştırmalara ne kadar ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkar.

Roy ve diğ. (1993), Aksu ve diğ. (1992), Kummongkol ve diğ. (1982) yaptıkları araştırmalarda alglerin ağır metal alımlarının iki durumda mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Birinci durum, alg hücrelerinin ekstraselüler yüzeyindeki, hızlı, pasif fiziksel (elektrostatik) veya kimyasal (yüzey komplikasyon) adsoprsiyon olan "biosorpsiyon" ile gerçekleştirmeleridir. Biyosorpsiyon işleminin hem yaşayan hem de ölü hücrelerde oluşabildiğini ve metabolizmadan bağımsız bağlanma şeklinde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. İkinci durum ise hücre içi organellerin hücre çeperine doğru metallerin aktif taşınmasını içeren yavaş bir işlem olan "kemosorpsiyon" ile gerçekleşmesidir. Wilde ve Benmann (1993) bu prosessin yalnız canlı hücrelerinde meydana geldiğini ve metabolizmaya bağlı bağlanma olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırmada Küçükçekmece ve Sapanca Göllerinden alınan su örneklerinden izole edilen *M. contortum* ve *Mougeotia* sp**.** kültürlerine seçilen metallerden Kobalt, Nikel ve Çinko'dan 0.2, 0.4, 0.8 ve 1.6 µg/ml konsantrasyonlarda eklendi ve hangi konsantrasyonlardaki iyonların fitoplankterlerin büyümeleri üzerine sınırlayıcı etki yaptığı belirlenen zamanlarda (5 dakika, 30 dakika, 1 gün, 3 gün ve 7 gün) karşılaştırmalı olarak incelendi. Seçilen bu iki türün ağır metalleri adsorblama kapasiteleri, klorofil-*a* ve biyomas (kuru ağırlık) değerleri laboratuar koşullarında araştırıldı. Tablo 4.19 ve Tablo 4.20'de *M. contortum* ve *Mougeotia* sp. kültürlerine değişik konsantrasyonlarda eklenen kobalt, çinko ve nikel'in yedi gün sonunda alım oranları, klorofil-*a* ve biyomas üzerine etkisi özetlenmiştir.

Tablo 4.19 *M. contortum* kültürlerine değişik konsantrasyonlarda eklenen kobalt, çinko ve nikel'in yedi gün sonunda alım oranları, klorofil-*a* ve biyomas üzerine etkisi

M. contortum					
PARAMETRE		KONSANTRASYON			
		0.2 µg/ml	0.4 µg/ml	0.8 µg/ml	1.6 µg/ml
KOBALT	Ağır metal alım (%)	24	31	56	74
	Klorofil-*a* artışı (%)	136	132	101	21
	Algal biyomass kaybı(%)	45	50	48	59
NİKEL	Ağır metal alım (%)	72	81	90	94
	Klorofil-*a* artışı (%)	114	131	153	116
	Algal biyomass kaybı (%)	41	46	34	59
ÇİNKO	Ağir metal alım (%)	82	91	95	97
	Klorofil-*a* artışı (%)	147	131	129	113
	Algal biyomass kaybı (%)	51	57	58	56

Tablo 4.20 *Mougeotia* sp. kültürlerine değişik konsantrasyonlarda eklenen kobalt, çinko ve nikel'in yedi gün sonunda alım oranları, klorofil-*a* ve biyomas üzerine etkisi

Mougeotia sp.					
PARAMETRE		KONSANTRASYON			
		0.2 µg/ml	0.4 µg/ml	0.8 µg/ml	1.6 µg/ml
KOBALT	Ağır metal alım (%)	30	26	44	52
	Klorofil-*a* artışı (%)	23	22	123	10
	Algal biyomass kaybi (%)	35	27	27	47
NİKEL	Ağır metal alım (%)	17	6	35	66
	Klorofil-*a* artışı (%)	55	27	30	64
	Algal biyomass kaybi (%)	0	3	23	23
ÇİNKO	Ağir metal alım (%)	43	23	34	24
	Klorofil-*a* artışı (%)	101	0	40	4
	Algal biyomass kaybı (%)	108	15	12	32

M. contortum kültüründe düşük konsantrasyonda eklenen kobalt (0.2 µg/ml) kültürlerde alımın az olduğu zamanlarda klorofil-*a* konsantrasyonunun artış gösterdiği, kuru ağırlık miktarında ise önemli kayıplar olduğu görüldü. Benzer şekilde *Mougeotia* sp. kültürlerine eklenen düşük konsantrasyondaki kobaltın algler tarafında düşük oranlarda alındığı gözlemlendi. Fargasova (1999) *Scenedesmus quadricauada* yeşil algi üzerinde Cd, Zn, Pb ve Fe'nin etkileri üzerine çalışmış ve belirlenen bu parametrelerin konsantrasyonlarının arttıkça toksisitenin arttığını rapor etmiştir. *M. contortum* kültürlerine kobalt eklendiğinde en fazla alımın uygulanan bütün konsantrasyonlarda birinci gün sonunda gerçekleştiği belirlendi. Yapılan kobalt eklenmesi sonucunda dikkat çeken bir diğer önemli nokta ise; yedi gün sonundaki *M. contortum*'da klorofil-*a* değerinde artışlar görülürken kobalt eklenen *Mougeotia* sp. kültürlerinde klorofil-*a* miktarı yüksek oranlarda azalma göstermiştir. Lamia ve diğ.(2005) de yaptıkları araştırmada *Mougeotia* gibi ipliksi bir yeşil alg olan *Cladophora fracta*'nın toplam klorofil-*a* içeriğinin, Pb ve Cd'a maruz kaldığı zaman ve konsantrasyonları arttığında dikkate değer biçimde azaldığını kaydetmişlerdir.

El-Sheehk ve dig. (2003), *Monoraphidium minutum*'a 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 ppm Co^{+2} ekleyerek klorofil-*a* miktarlarında meydana gelen değişimleri 11. gün sonunda incelemişlerdir. Çalışmalarında 0.1 ve 0.5 ppm konsantrasyonlarında klorofil-*a* değerlerinde bir artışın olmadığını rapor etmişlerdir. Mevcut araştırmada ise yedinci gün sonunda klorofil-*a* miktarları kobalt eklenen *M. contortum* kültürlerinde -ağır metal konsantrasyonundaki artış ile ters yönde artış gösterse de- kontrol kültürleri ile karşılaştırıldığında uygulanan her konsantrasyonda artış kaydedildi. Ancak bu artış 1.6 µg/ml ekleme yapılan kültürlerde gözlenmedi. Bu düşüşü De Filippis ve diğ. (1981) klorofil-*a* miktarındaki azalışın ağır metal toksisitesinin genel semptomları olduğu şeklinde açıklamıştır, El-Sheehk ve dig. (2003) ise yapmış oldukları araştırmada pigment içeriğinin düşüşünü yüksek konsantrasyondaki (2.5, 3.5 ve 5 ppm) Co^{+2} eklenmesiyle ilişkilendirmişlerdir.

Awad ve Chu (2005) kadmiyumun tek hücreli yeşil bir alg olan *Chlamydomonas reinhardtii'*nin büyümesindeki etkisini araştırdığı çalışmasında da klorofil-*a* içeriğinin düşük konsantrasyonda (10 mg/l) kontrole yakın bir değerde çıktığını belirlemiştir. Konsantrasyon oranı arttıkça klorofil-*a* miktarının giderek düştüğünü belirlemişlerdir.

Lamai ve diğ. (2005) ise ipliksi bir alg olan *Cladophora fracta* da kurşun ve kadmiyum toksisitesi ve birikimi üzerine yaptıkları bir çalışmada; 2., 4., 6. ve 8. günlerde değişik konsantrasyonlarda kurşun ve kadmiyumu kültürlere eklemişler ve klorofil-*a* içeriğinin, ağır metal konsantrasyonu arttıkça ve ağır metallere maruz kalma süresi uzadıkça önemli miktarda azaldığını tespit etmişlerdir.

El-Sheehk ve dig. (2003) kobaltın düşük konsantrasyonlarının *Monoraphidium minutum*'un büyümesini engellemediğini rapor etmişlerdir. Mevcut çalışmada ise düşük konsantrasyonlarda bile (0.2 μg/ml) alım oranının genel olarak % 50'nin üzerinde olduğu; fakat yedinci günün sonunda alım oranının önceki günlere göre oldukça düştüğü tespit edilmiştir. Buna karşın alımın az olduğu yedinci günde klorofil-*a* miktarının %36 oranında artması dikkat çekmiştir. Yine El-Sheekk ve dig. (2003)'nin yaptığı çalışmada 10 günlük inkübasyon süresinden sonra 1, 2 ve 3 ppm Co^{+2} eklenmiş kültürlerde alglerin büyümesinde sınırlayıcı bir etki olduğunu belirlemişlerdir. El-Sheekk ve dig. (2003) bir diatom olan *Nitzchia perminuta* üzerinde de benzer bir çalışma yapmışlardır. Düşük konsantrasyonda (0.5 ve 1.5 ppm) kobalt eklenen kültürlerde azda olsa büyümede artış (%5 ve %9 oranında) gözlemlemişler yüksek konsantrasyonlarda ise dikkate değer biçimde büyümede bir azalmanın söz konusu olduğunu belirtmişlerdir. Düşük konsantrasyonlarda (0.5 ve 1.5 ppm) *Nitzchia perminuta* kültürüne eklenen ağır metallerin klorofil-*a* değerlerinde sırası ile % 4 ve % 12'lik bir artış meydana getirdiği de bu çalışmada belirtilmiştir.

Mevcut çalışmada *M. contortum*'un nikel alımı oranı oransal olarak yüksek bulunmuştur. En yüksek oranlarda alım ise genel olarak üçüncü gün sonunda gerçekleşmiştir. Kobalt eklenmiş kültürlerde olduğu gibi, klorofil-*a* miktarında yedinci gün sonunda bütün konsantrasyonlarda bir artış kaydedilmiş, fakat ağır metal konsantrasyonu arttıkça, klorofil-*a* konsantrasyonunda azalma gözlenmiştir. Alglerde biyomas kaybının yüksek olduğu zamanlar da genel olarak ağır metal alımı da yüksek değerler de bulunmuştur. Buna karşılık, nikel eklenen *Mougeotia* sp. kültürlerinde nikel alımı *M. contortum*'a göre daha düşük oranlarda ölçülmüştür. *Mougeotia* sp. de yüksek konsantrasyon uygulamasında ve maruz kaldığı süre arttıkça alım oranı da yükselmiştir. 0.4 μg/ml ve 0.8 μg/ml uygulamalarında alım oranı oldukça düşük bulunmuştur. *Mougeotia* sp'de metal alım oranının aksine klorofil-*a* miktarları kontrolle

karşılaştırıldığında kayda değer oranlarda azalma göstermiştir (Şekil 4.29). Yedinci gün sonunda nikel eklenen *M. contortum* da klorofil-*a* miktarlarında yüksek oranda bir artış belirlenmiş, benzer durum kobalt eklenmiş *M. contortum* kültürlerinde de görülmüştür.

Wong ve diğ. (1999), iki *Chlorella* türü (*C. vulgaris* ve *C. miniata)*, üzerinde Nikel'in biyosorpsiyonu ile ilgili yaptığı çalışmada, bu iki *Chlorella* türünün biyosorpsiyonunun ilk birkaç dakika içinde hızlı olduğu belirlemişlerdir. Mevcut çalışmada ise *M. contortum*'da 5 dakika sonundaki alımın 0.2 μg/ml'de % 69, 0.4 μg/ml'de % 79, 0.8 μg/ml'de % 92 ve 1.6 μg/ml'de % 90 oranında çıktığı belirlenmiş, buna karşın *Mougeotia* sp.'de Ni alım oranları ilk 5 dakikada 0.2 μg/ml'de % 43, 0.4 μg/ml'de % 4, 0.8 μg/ml'de % 1 ve 1.6 μg/ml'de % 35 ile *M. contortum*'a oranla daha düşük oranlarda bulunmuştur. Chong ve diğ. (2000) endüstriyel atıksulardan nikel ve çinko uzaklaştırmasında farklı mikroalg türlerinin performasını incelediği çalışmalarında, uygulamanın 5. dakikasında atıksudaki nikel iyonlarının büyük oranda değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir. Çalışmada kullanılan onbir mikro alg türü arasında *Scenedesmus quadricauda*'nın atıksudaki nikelin büyük bir kısmını aldığı belirtilmiştir. Bu durum *Scenedesmus quadricauda*'nın izole edilen diğer mikro alg türlerine oranla büyük hücrelere sahip olmasından kaynaklanabileceği şeklinde açıklanmıştır.

M. contortum'un çinko alım oranları oldukça yüksek oranda bulunmuştur. En yüksek alım uygulanan bütün konsantrasyonlarda genellikle birinci gün sonunda gerçekleşmiştir. *Mougeotia* sp.'de ise *M. contortum*'a göre alım oranları oldukça düşük ölçülmüştür. Çinko eklenen *M. contortum*'da klorofil-*a* konsantrasyonu çalışmada kullanılan diğer ağır metallerde olduğu gibi yedinci gün sonunda en önemli artışını göstermiştir. *Mougeotia* sp.'de ise çalışmada kullanılan diğer metallerin aksine klorofil-*a* konsantrasyonu yedinci gün sonunda 0,2 μg/ml çinko konsantrasyonunda (% 2) gibi küçük bir oranda artış göstermiştir. Ayrıca, uygulanan diğer konsantrasyonların aksine, eş zamanlı olarak algal biyomas değerlerinde de artış kaydedilmiştir. Omar (2002) *Scenedesmus obliquus* ve *Scenedesmus quadricauda*'nın çinko iyonlarını adsorpsiyonu ve bunun büyümeye ve metobolizmaya etkisi üzerinde yaptığı çalışmada düşük çinko konsantrasyonlarının (0.5 - 1.5 mg/dm^{-3}) *Scenedesmus obliquus* ve *S. quadricauda*'nın büyümesini arttırdığını, buna karşılık yüksek çinko konsantrasyonlarının büyümeyi baskıladığını belirtmiştir.

Sonuç olarak, *M. contortum* kültürlerinde konsantrasyon miktarına bağlı olarak alım oranlarında artış olduğu belirlendi. Çalışmada kayda değer bulgu ise yedinci gün sonundaki klorofil-*a* miktarlarındaki önemli artış oranıydı. Eklenen ağır metalin konsantrasyon miktarı arttıkça klorofldeki bu artış oranı azalma gösterdi. Düşük konsantrasyonda eklenen ağır metaller ise kültürlerdeki klorofil-*a* miktarında artışa neden oldu. Buna karşılık *Mougeotia* sp. kültürlerinde buna benzer bir artış gözlenmedi. Bu duruma iki fitoplankterin morfolojik yapılarının neden olduğu düşünüldü.

Öte yandan kültürlere eklenen ağır metal konsantrasyonu arttıkça alım oranları da buna bağlı olarak arttığı gözlendi. Aynı şekilde biyomas miktarlarında da konsantrasyona bağlı olarak alım oranında artış kaydedildi. Bu çalışmanın daha ileri çalışmalarla desteklenmesi ve iki farklı türün morfolojik yapılarından kaynaklanan isteklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için farklı ekolojik ortamlar oluşturulmalı ve her bir ağır metalin hangi şartlar altında algin fizyolojisini nasıl etkilendiği araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

AKÇAALAN, R., 2004, *Sapanca Gölünde microcystin (hepatotoksin) üreten mavi-yeşil alglerin (cyanophyta) bulunuşu ve su kalitesi ile olan ilişkilerinin incelenmesi*, Doktora Tezi.,İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

ALBAY, M., AKCAALAN, R., TUFEKCI, H., METCALF, J. S., BEATTIE, K. A., CODD, G.A., 2003, Depth profiles of cyanobacterial hepatotoxins (microcystins) in three Turkish freshwater lakes, *Hydrobiologia*, 505, 89-95.

ALBAY, M., ALEXANDRE, M., CODD, G.A., 2005, Occurrence of toxic blue green algae in the Kucukcekmece lagoon, *Environ. Toxicol.*, 20, 277-284.

AKSOY, A., DUMAN, F., SEZEN, G., 2005, Heavy Metal Accumulation and Distribution in Narrow-Leaved Cattail (*Typha angustifolia*) and Common Reed (*Phragmites australis*), *Freshwater Ecology* .

AKSU, Z.Y., SAG, Y., KUTSAL, T., 1992, The biosorption of copper (II) by *C. vulgaris* and *Z. ramigera*, *Environ. Techonol* ., 13, 579-586.

APHA, AWWA and WPCF, 1989, Standart Methods For The determination Of Water And Waste Water, *American Public Health Association Publication*, 17, 1391.

AYKULU, G., ALBAY, M., AKCAALAN, R. TÜFEKCI, H., AKTAN, Y., 2006, Species composition, abundance and seasonality of phytoplankton in a moderately a deep Turkish Lake, *Nova Hedwigia*, 130, 325-338

AWAD, S., CHU, T., 2005, Effect of cadmium on the growth of *Chlamydomonas*, *Journal of Young Investigators*, 13.

AZAB, Y., KENAWY, I., MOHAMEDİN, A., IBRAHİM, W., 2004, Bioremoval of cadmium, cobalt and copper from laboratory cultures by cyanobacteria and green microalgae, *Algological Studies* ,111, 159-171.

BERK, H., YENİGÜN, O., TÖZÜM ÇALGAN, D., 1987, Heavy metal toxicity on a blue-green alga, *Doğa TU J. Eng. Environ*., 11(2), 236-241.

CHMİELEWSKA, E., MEDVED, J., 2001, Bioaccumulation of heavy metals by green algae *Cladophora glomerata* in a Refinery Sewage Lagoon, *Croatica Chemica Acta,* 74(1), 135-145.

CHONG, A.M.Y., WONG, Y.S., TAM, N.F.Y, 2000, Performance of different microalgal species in removing nickel and zinc from industrial wastewater, *Chemosphere,* 41 (2000), 251-257.

CİRİK, S., GÖKPINAR, Ş., 1993, *Plankton bilgisi ve kültürü*, Ege Üniversitesi basımevi, İzmir, 975-483-221-8.

CONNELL, D., LAM, P., RİCHARDSON, B., WU, R.,1999, *Introduction to Ecotoxicology*, Blackwell Science Ltd., 0-632-03852-7, 170.

DE FİLİPPİS, L. F., PALLAGHY C. K., 1994, Heavy metals: sources and biological effects, 31-77.

DÖNMEZ, G., AKSU, Z., (2001), Dunaliella viridis mikroalginde bakır (II), nikel (II) ve krom (VI) biyosorpsiyonu, *Su Ürünleri Dergisi*, 18(1), 183-189.

DÖNMEZ, G. Ç., AKSU, Z.,ÖZTÜRK,A. ve KUTSAL,T., 1999 , A comparative study on heavy metal biosorption characteristics of some algae, *Process Biochemistry*, 34, 885-892.

EL-SHEEKH, M.M., ELNAGGAR, A.H., OSMAN, M.E.H. and EL-MAZALY, E., 2003, Effect of cobalt on growth, pigments and the photosynthetic electron transport in *Monoraphidium minutum* and *Nitzchia perminuta*, *Brazilian Jounrnal of Plant Physiology*, 15(3), 159-166.

ESEN, N., TOPÇUOĞLU, S., EĞİLLİ, E., KUT, D. ,1999, Comparison of trace metal concentration in sediments and algae samples from the Küçükçekmece Lagoon and Marmara Sea, J. *Radioanalytical & Nuclear Chemistry*, 240(2), 673-676.

FARGASOVA,A.,1999,The green alga *Scenedesmus quadricauda*-a subject for the study of inhibitory effect of Cd, Cu, Zn, Pb and Fe, *Biologia,* 54(3),303-308.

HOLAN, Z.R., VOLESKY, B., 1994, Biosorption of lead and nickel by biomass of marine algae, *Biotechnol. Bioeng.*, 43,1001-1009.

KUMMONGKOL, D., CANTERFORD, G., FRYER, C., 1982, Accumulation of heavy metals in unicellular algae,*Biotechnol. Bioeng*., 24,2643-2660.

LAMAİ, C. ,KRUATRACHUE, M., POKETHİTİYOOK, P. ,UPATHAM, E. S. and SOONTHORNSARATHOOL, V., 2005, Toxicity and accumulation of lead and cadmium in the filamentous green alga *Cladophora fracta* (O.F. Müller ex Vahl) Kützing: a laboratory study, *Science Asia*, 31(2005), 121-127.

MORKOÇ, E., TUĞRUL, S., ÖZTÜRK, M., TÜFEKÇI, H., EGESEL, L., TÜFEKÇI, V. ,O.S. OKAY,1998, Trophic characteristics of Sapanca Lake, *Croatica Chemica Acta*., 71(2), 303-322.

NUSCH, E.A., 1980, Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination, *Arch.Hydrobial, ergebn.Limnol.*,14,14-36.

OMAR, H.H., 2002, Adsorption of zinc ions by *Scenedesmus obliqus* and *S. quadricauda* and its effect on growth and metabolism, *Biologia Plantarum*, 45(2), 261-266.

PEHLİVAN,R.,YILMAZ,O.,1997,Küçükçekmece Gölünün su kalitesi, kullanılabilirliği ve kirlenme nedenleri, *Su ve Çevre Semp. TMMOB İstanbul Şub. Yay.*, 1, 81-87.

PINTO, E., TERESA, C., SİGAUD-KUTNER, S., LEİTAO, M., OKOMATO, O.K., MORSE, D., COLEPİCOLE, P., 2003, Heavy metal-induced oxidative stres in algae, *J. Phycol.*, 39, 1008-1018.

RİPPKA, R., DERUELLES, J., WATERBURY, J.B., HERDMAN, M., STANİER, R.Y., 1979, Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria, *J. Gen. Microbiol.*, 111, 1–61.

ROY, D.,GREENLAW,P.N., SHANE, B.S., 1993, Adsorption of heavy metals by green algae and ground rice hulls, *J. Environ. Sci. Health A.*, 28 (1),37-50.

ROOT, E.,1981, Some results from phytoplankton counting intercal ibration, *Scheweizerische zeitchrift für Hydrology-Swiss J.*, 43,34-62.

SANDAU, E., SANDAU, P., PULZ,O.,1996, Heavy metal sorption by microalgae, *Acta Biotechnologica,*16,227-235.

TANIK, A., BELER BAYKAL, B., GÖNENÇ, E., MERIÇ, S., ÖKTEM, Y., 1998, Effect and Control of Pollution in Catchment Area of Lake Sapanca, *Enviromental Management*, 22(3), 407-414.

TEMEL, M., 1995-1999, Sapanca Gölü Su Kalitesi Üzerinde Bir Arastırma. *I.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 9-13 (1-10), 99-110.

TOPÇUOĞLU, S., GÜNGÖR, N., KIRBAŞOĞU, Ç. , 1997, Küçükçekmece Gölü'nün saptanan bazı çevresel parametreleri, *Su ve Çevre Semp. TMMOB İstanbul Şub. Yay.*, 1, 89-94.

TOPÇUOĞLU, S., GÜNGÖR, N., KIRBAŞOĞU, Ç., 1997, Physical and chemical parameters of brackish water lagoon, Kucukcekmece lake, in Northwestern Turkey, *Toxicol Environ Chem.*, 69, 101-108.

TOPÇUOĞLU, S., ÜNLÜ, M.Y., BULUT, A.M., SADIKOĞLU, N., 1992, Küçükçekmece gölünde deterjan kirliliği ve toksisistesi, VIII. Kimya ve Kimya Mühendisliği Sempozyumu, Marmara *University Publication,* 518, 183-187.

USLU, O., TÜRKMAN, A., 1987, *Su Kirliliği ve Kontrolu*, T.C. Başbakanlık Çevre Gen. Md. Yay. Eğitim Diz., 1 ,360.

UTERMOHL, H., 1958, Zur velvollkommnug der quantitativen phytoplankton-methodik, *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9,1-39.

WILDE, E.W., BENMANN, J.R., 1993, Bioremoval of heavy metals by the use of microalgae, *Biotech. Adv.*, 11,781-812.

WONG, J.P.K., WONG, Y.S., TAM , N.F.Y, 1999, Nickel biosorption by two chlorella species, *C. vulgaris* (a commercial species) and *C. miniata* (a local isolate), *Bioresource Technology*, 73(2000),133-137.

YALÇIN, N.; SEVİNÇ, V.,1993, Kınalı-Sakarya Otoyolunun Sapanca Gölüne Etkilerinin Araştırılması, *Doğa Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 17(2),151-156.

YARAR, M., MAGNIN,G.,1994, *Türkiye'nin önemli kuş alanları*, Doğal hayatı koruma derneği,İstanbul,975-96081-6-2.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında İstanbul'da doğdum. İlk ve orta öğretimimi İzzetpaşa İlköğretim Okulu'nda, Lise öğrenimimi ise Kabataş Erkek Lisesi'nde tamamladım. 1999 yılında girdiğim İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinden 2003 yılında mezun oldum. Aynı yıl İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı, İç sular Biyolojisi Programında Yüksek Lisans Eğitimime başladım.

2004 yılından itibaren İSKİ Atıksu Arıtma Daire Başkanlığında mühendis olarak çalışmaktayım.

Yabancı dilim İngilizcedir.