



**KIRGIZİSTAN TÜRKİYE MANAS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**BIYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**Kacı Say'da bulunan uranyum depolama tesisinin sebep olduğu çevresel kirliliğinin belirlenmesinde *Artemisia dracunculus* bitki türünün biyomonitör organizma olarak kullanılması**

**Hazırlayan**

**Asel TURGUNBAEVA**

**Danışman**

**Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT**

**Eş danışman**

**Doç. Dr. İlhan DOĞAN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Aralık 2018**

**KIRGIZİSTAN/BİŞKEK**

**KIRGIZİSTAN TÜRKİYE MANAS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**BIYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**Kacı Say'da bulunan uranyum depolama tesisinin sebep olduğu çevresel kirliliğinin belirlenmesinde *Artemisia dracunculus* bitki türünün biyomonitör organizma olarak kullanılması**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Hazırlayan**  
**Asel TURGUNBAEVA**

**Danışman**  
**Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT**

**Eş danışman**  
**Doç. Dr. İlhan DOĞAN**

**Bu çalışma; Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2018.FBE.01 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Aralık 2018**  
**KIRGIZİSTAN/BİŞKEK**

## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK**

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Asel TURGUNBAEVA

Imza:

## **ПЛАГИАТ ЖАСАЛБАГАНДЫГЫ ТУУРАЛУУ БИЛДИРҮҮ**

Мен бул эмгекте алынган бардык маалыматтарды академиялык жана этикалык эрежелерге ылайык колдондум. Тагыраак айтканда, бул эмгекте колдонулган, бирок мага тиешелүү болбогон маалыматтардын баардыгына мен шилтеме бердим жана аларды колдонулган адабият тизмесинде көрсөттүм. Эч кайсы жерден плагиат жасалбагандыгына ынандырып кетким келет.

Тургунбаева Асел

Колу:

## YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Kacı Say’da bulunan uranyum depolama tesisinin sebep olduğu çevresel kirliliğinin belirlenmesinde *Artemisia dracunculus* bitki türünün biyomonitör organizma olarak kullanılması” adlı Yüksek Lisans Tezi, Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Asel TURGUNBAEVA

İmza:

Danışman

Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT

İmza:

Eş danışman

Doç. Dr. İlhan DOĞAN

İmza: 

Biyoloji ABD Başkanı

Doç. Dr. Gülbübu KURMANBEKOVA

İmza:

## ЭРЕЖЕЛЕРГЕ БАШ ИЙҮҮ

“Кажы -Сай уран калдыктарын сактоочу жайдын чөйрөнүн булгануусуна таасирин аныктоодо *Artemisia dracunculus* өсүмдүк түрүнүн биомонитор организм катары колдонулушу” – аттуу магистрдик иш, Кыргыз-Түрк “Манас” университетинин магистрдик диссертация долбоору жана диссертацияны жазуу эрежелерине тура келгендей болуп даярдалды.

Даярдаган

Жетекчиси

Тургунбаева Асел

Проф., др., Ибрахим Илкер Өзйигит

Колу:

Колу:

Биология бөлүмүнүн башчысы

б.и.д., профессор Гүлбүбү Курманбекова

Колу:

## KABUL VE ONAY

Doç.Dr İlhan DOĞAN ve Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT danışmanlığında Asel TURGUNBAEVA tarafından hazırlanan “Kacı Say’da bulunan uranyum depolama tesisinin sebep olduğu çevresel kirliliğinin belirlenmesinde *Artemisia dracuncululus* bitki türünün biyomonitör organizma olarak kullanılması” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

...../...../.....

### JÜRİ:

Komisyon Başkanı	Prof.Dr. Camila Karabekova	-----
Danışman	Prof.Dr. İbrahim İlker Özyiğit	-----
Üye	Doç.Dr. Gülbübu Kurmanbekova	-----
Üye	Doç. Dr. Kadırbay Çekirov	-----
Üye	Doç.Dr. Nazgül İmanberdieva	-----
Üye	Doç.Dr. Nurbek Aldayarov	-----

### ONAY :

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun ..... tarih ve ..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

Doç.Dr Dağıstan ŞİMŞEK

Enstitü Müdürü

## КАБЫЛ АЛУУ ЖАНА ЧЕЧИМ

Профессор доктор Ибрахим Илкер Өзйигит жана доцент доктор Илхан Доган жетекчилигинде Тургунбаева Асел тарабынан даярдалган “Кажы -Сай уран калдыктарын сактоочу жайдын чөйрөнүн булгануусуна таасирин аныктоодо *Artemisia dracunculus* өсүмдүк түрүнүн биомонитор организм катары колдонулушу” темасындагы магистрдик иш комиссия тарабынан Кыргыз-Түрк “Манас” университетинин Табигый Илимдер институтунун Биология билим багытында магистрдик иш болуп кабыл алынды.

...../...../ .....

### КОМИССИЯ:

Төрагасы	б.и.д., профессор Жамиля Карабекова	-----
Жетекчиси	док.,профессор Өзйигит И.И.	-----
Мүчө	б.и.к., доцент Курманбекова Г.Т.	-----
Мүчө	б.и.к., доцент Кадырбай Чекиров	-----
Мүчө	б.и.к., доцент Иманбердиева Н.А.	-----
Мүчө	в.и.к., доцент Алдаяров Н.С.	-----

### ЧЕЧИМ:

Бул магистрдик иштин кабыл алынышы Институт башкаруу кеңешинин ..... датасына жана ..... санындагы чечими менен бекитилди.

...../...../ .....

Доц. Др. Дагыстан Шимшек  
Институт Мүдүрү



## ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinde ve çalışmalarımın her aşamasında büyük bir titizlik ve özveriyle hiçbir fedakârlıktan çekinmeyen, bilgi ve deneyimleri ile bana yardımcı olan ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Sayın Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT'e içtenlikle teşekkür ederim. Yine çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, çalışmamda konu, kaynak ve yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren ve gelecekteki hayatında çok daha başarılı olacağına inandığım ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli ve danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren kıymetli eş danışman hocam Doç. Dr. İlhan DOĞAN'a da sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca kıymetli zamanını benim hazırladığım bitirme tezine ayırıp değerlendireceği için ve üniversite hayatımın bu son döneminde bana kattığı her bilgi için Doç. Dr. Kadırbay ÇEKİROV'a teşekkürü borç bilirim. Özellikle her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen, ikinci ailem olan Doç. Dr. Dağıstan ŞİMŞEK'e ve ailesine teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No:2018.FBE.01) teşekkür ederim.

Teşekkürlerin az kalacağı diğer üniversite hocalarımda da bana üniversite hayatım boyunca kazandırdıkları her şey için ve beni gelecekte söz sahibi yapacak bilgilerle donattıkları için hepsine teker teker teşekkürlerimi sunuyorum ve son olarak çalışmamda desteğini ve bana olan güvenini benden esirgemeyen arkadaşım Tamara ABDIKAİMOVA ve beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, öğretim süresince her zaman benim yanımda olan ve bana tüm desteğini veren, ilgi ve yardımları ile bana büyük anlayış ve sabır gösteren aileme ve eşime sonsuz teşekkürler.

Asel TURGUNBAEVA

Bişkek/Aralık - 2018

**Kacı Say'da bulunan uranyum depolama tesisinin sebep olduğu çevresel  
kirliliğinin belirlenmesinde *Artemisia dracunculus* bitki türünün biyomonitör  
organizma olarak kullanılması**

**Asel TURGUNBAEVA**

**Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi, Fen Bilimleri  
Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2018**

**Danışman:**

**Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT**

**Eş danışman:**

**Doç.Dr İlhan DOĞAN**

**KISA ÖZET**

Nükleer kirlenme sebep olduğu radyasyon neticesinde çevrede yaşayan tüm canlılar üzerinde ciddi problemler ortaya çıkmasına sebep olur. Kırgızistan'ın geçmişten gelen başlıca sorunlarından biri, Sovyetler Birliği tarafından yapılan madencilik ve zenginleştirme uygulamaları ile ilgilidir. Ülkede, geçmişte radyoaktif maden atık deposu olarak kullanılmış en az 50 tane terkedilmiş alan bulunmaktadır. Doğal ve antropojenik nedenlerden dolayı, madeni atık depo bölgelerinin yapısal bütünlükleri yavaş yavaş ortadan kalkmaktadır. Burada gerçekleştirdiğimiz araştırma ile bir tanesi Kacı-Say Köyü Isyk Kul bölgesi-Kırgızistan yakınlarında bulunan uranyum maden atık bölgesinde radyoaktif kontaminasyonun mevcut durumu ortaya çıkarılarak, neden olduğu kirliliğin etkileri hakkında değerlendirme yapılmıştır. Bu çalışmada, *Artemisia dracunculus*'un yaprak, gövde ve kök kısımları ile bunlara ait ortak toprak örnekleri, 5 farklı lokaliteden toplanan çalışma materyalleri olarak, bitkideki uranyum seviyesinin belirlenmesinde ve radyoaktif sızıntının bitkide mineral element alımı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için ICP-MS kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Geiger

sayacı kullanılarak radyoaktivite seviyeleri kaydedilmiştir. Veriler, radyasyon seviyelerinin (mR/h cinsinden) normal kabul edilebilir sınırlara kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğunu ve ayrıca bitki kısımlarındaki ve bunlarla birlikte alınan toprak örneklerinin uranyum düzeylerinin kontrole göre daha yüksek seviyede olduğunu göstermiştir. Uranyum atık depolama sahasında yetişen *A. dracunculus*'daki bazı mineral elementlerin alım şekli geniş ölçüde, kontrol ile karşılaştırıldığında kuvvetli radyoaktif sızıntıya bağlı olarak azalmış ve bazılarında ise artmıştır.

**Anahtar kelimeler:** *Artemisia dracunculus*, Radioactive contamination, Kaji-Say, Kyrgyzstan

**Кажы -Сай уран калдыктарын сактоочу жайдын чөйрөнүн  
булгануусуна таасирин аныктоодо *Artemisia dracunculus* өсүмдүк  
түрүнүн биомонитор организм катары колдонулушу**

**Тургунбаева Асел  
Кыргыз-Түрк “Манас” университети, Табигый илимдер институту  
Магистрдик иш, бештин айы 2018**

**Илимий жетекчи:  
Проф., др. Ибрахим Илкер Озйигит**

**Со - жетекчи: Доц. м.а., др. Илхан ДОГАН**

**КЕҢИРИ АННОТАЦИЯ**

СССРдин атомдук электр станцияларында колдонулган урандын бир бөлүгү Кыргызстан тарабынан камсыз кылынган жана бул себептен өлкөбүздө эң аз 50 радиоактивдүү калдык сактоочу жайлары, кең калдыктары төгүлгөн жерлер бар. Изилдөө Бишкек шаарынан 270 км узактыкта жайгашкан, Ысык-Көл облусуна караштуу Тоң районундагы Кажы-Сай айылындагы калдык сактоочу жайда жүргүзүлдү. Бул аймакта радионуклиндердин таралышынын негизги себеби болуп, мурда иштетилген уран кеңдери жана руданы кайра иштетүү саналат. Уранды көмүрдүн курамындагы уран оксидин көмүрдүн күйүүдөн кийин пайда болгон күлдөн бөлүп алуу менен жүргөн. Жалпы көлөмү 400 000 км<sup>3</sup> болгон уран калдыктары өнөр жайдын жабдуулары менен бирге калдык сактоо жайында көмүлгөн. Азыркы учурда калдык сактоочу жайдын тосмолору табигый жана антропогендик таасирлерден улам бузулууда. Кажы-Сай айылындагы уран калдыктары сакталган жайлардын абалы эрозия жана селдерден улам радиациялык материалдын сыртка чыгуусу коркунуч жаратууда. Чөйрөнүн геохимиялык шарттарына байланыштуу радионуклиддерди көп өлчөмдө камтыган аймакта жашаган жандыктардын биологиялык реакциясы айкын байкалууда. Эски

радиоактив булгануудан улам ортого чыккан аймактарда калыбына келтирүү боюнча маселелерди чечүүдөн мурун бул булгануунун жер кыртышынын жана аны менен байланышта болгон тирүү организмдерге тийгизген таасирине анык баа берүүнү талап кылат. Топурак-өсүмдүк-жаныбар чынжырындагы радионуклиддердин ташылышы жана таралышынын билинүүсү айлана-чөйрөнүү коргоо боюнча чараларды көрүү жана эски булганган жерлердин улуттук экономика үчүн да өтө маанилүү. Изилдөө жүргүзүлгөн жер катары Советтер союзу учурунан калган Ысык-Көл облусундагы Тон районуна караштуу Кажы-Сай айылындагы уран калыктарын сактоо жайы белгиленген. Бул изилдөөдөгү негизги максат булгануу даражасын аныктоо жана бул булганууну аймакта жагашан жандуу организмдердин популяциясына тийгизген таасирин аныктоо.

**Ачык сөздөр:** *Artemisia dracunculus*, радиоактивдүү кирдүүлүк, минералдук элементтер, Кажы-Сай.

**Использование вида *Artemisia dracunculus* в качестве биомониторного  
организма в изучении влияния урановой хвостохранилища в селе  
Кажы Сай в загрязнении окружающей среды**

**Асел Тургунбаева**

**Кыргызско -Турецкий университет Манас, Институт Естественных  
наук Магистерская работа, декабрь 2018**

**Руководитель: Проф., др. Ибрахим Илкер Озйигит**

**Соруководитель: Доц. др. Илхан ДОГАН**

**АННОТАЦИЯ**

Работа посвящена изучению влияние радиоактивного загрязнения на минеральное питание растений вида *Artemisia dracunculus*, произрастающей в окрестностях Каджи-Сайского хвостохранилища. В процессе радиологических исследований выявлен превышающий предельно допустимые нормы высокий уровень радиации в местах захоронения урановых отходов (36-300 мР/час). Содержание минеральных веществ *Artemisia dracunculus* были определены с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой ICP-MS. Установлено, понижение и увеличение количества некоторых элементов у образцов, показывающий уровень потребления минеральных элементов растениями в зависимости от радиоактивных загрязнений.

**Ключевые слова:** Каджи-Сай, полынь эстрагонная, радиоактивное загрязнение, минеральные элементы.

**Evaluation of the environmental pollution caused by the uranium storage facility located in Kaci Say by using *Artemisia dracunculus* as biomonitor organism**

**Asel TURGUNBAEVA**

**Kyrgyzstan-Turkey Manas University, Graduate School of Natural and Applied Sciences M.Sc. Thesis, December 2018**

**Supervisor: Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT**

**co-advisor: Assoc.Prof. İlhan Dogan**

**ABSTRACT**

As a result of the radiation caused by nuclear pollution, serious problems arise in all living creatures. One of the major problems of Kyrgyzstan in the past is the mining and enrichment practices carried out by the Soviet Union. There are at least 50 abandoned areas used as radioactive mine waste storage in the country. Due to natural and anthropogenic reasons, structural integrity of mineral waste storage areas are gradually disappearing. In this research, the effects of the pollution caused by the radioactive contamination in one of the uranium mine waste area near Kyrgyzstan, Isyk Kul region of Kaji-Say village were conducted. For this aim, leaf, stem and root parts of *Artemisia dracunculus* and their soil samples were collected from 5 different localities, the ICP-MS was used to determine the levels of uranium and the effect of radioactive leakage on the mineral element intake in the plants. In addition, radioactivity levels were recorded by using the Geiger counter. The data showed that the radiation levels (in mR / h) were significantly higher than the normal acceptable limits, and that the uranium levels of the plant and soil samples were higher than the control groups. The intake of some mineral elements in *A. dracunculus* grown in the uranium landfill site has been greatly reduced in comparison with the control and increased in some cases due to strong radioactive leakage.

**Keywords:** *Artemisia dracunculus* L., pollution, mineral elements, heavy metals.

## İÇİNDEKİLER

**Kacı Say’da bulunan Köyünde bulunan uranyum depolama tesisinin sebep olduğu çevresel kirliliğinin belirlenmesinde *Artemisia dracunculus* bitki türünün biyomonitör organizma olarak kullanılması**

Sayfa

BİLMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI.....	ii
ПЛАГИАТ ЖАСАЛБАГАНДЫГЫ ТУУРАЛУУ БИЛДИРҮҮ.....	iii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI.....	iv
ЭРЕЖЕЛЕРГЕ БАШ ИЙҮҮ.....	v
KABUL VE ONAY SAYFASI.....	vi
КАБЫЛ АЛУУ ЖАНА ЧЕЧИМ.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
KISA ÖZET.....	ix
GENİŞ ÖZET (Kırgızca).....	xi
ÖZET (Rusça).....	xiii
ÖZET (İngilizce).....	xiv
İÇİNDEKİLER.....	xv
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	xviii
TABLOLAR LİSTESİ.....	xxii
RESİMLER LİSTESİ.....	xxiii
<b>GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>

## 2. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1. Nükleer endüstri.....	2
2.2. Nükleer faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıklar.....	3



2.3. Uranyum.....	5
2.3.1. Çevre üzerine uranyumun etkileri.....	6
2.4. Kırgızistan’da, Eski Sovyetler Birliği dönemindeki nükleer faaliyetler.....	9
2.5. Kırgızistan’daki, Eski Sovyetler Birliği döneminden kalan radyoaktif materyal atık bölgeleri.....	13
2.6. Eski Sovyetler Birliği döneminden kalan Kaji-Sai radyoaktif materyal işleme tesisi ve atık alanı.....	18
2.6.1. Kaji-Sai’da, çevresel problemler.....	21

### **3. BÖLÜM**

#### **MATERYAL VE YÖNTEM**

3.1. Çalışma alanı.....	22
3.2. Çalışma alanında radyasyon oranlarının belirlenmesi.....	26
3.3. Çalışmada kullanılan bitki türü.....	27
3.3.1. <i>Artemisia dracunculus</i> (Tarhun).....	27
3.3.2. Bitki Örneklerinin Toplanması.....	28
3.3.3. ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry - İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi) kullanılarak çalışma materyali bitkideki uranyum, ağır metal ve mineral elementi çeriklerinin tayini.....	30

### **4. BÖLÜM**

#### **BULGULAR**

4.1. Çalışma alanı ve çalışma alanında tespit edilen radyasyon oranları.....	35
4.2. Çalışma materyali bitki ve topraktaki uranyum ve diğer içerikleri.....	37
4.2.1. Çalışma materyali bitki ve toprakta uranyum içeriği.....	37
4.2.2. Çalışma materyali bitki ve toprakta alüminyum içeriği.....	39
4.2.3. Çalışma materyali bitki ve toprakta kalsiyum içeriği.....	40

4.2.4. Çalışma materyali bitki ve toprakta kadmiyum içeriği.....	42
4.2.5. Çalışma materyali bitki ve toprakta krom içeriği.....	43
4.2.6. Çalışma materyali bitki ve toprakta demir içeriği.....	45
4.2.7. Çalışma materyali bitki ve toprakta potasyum içeriği.....	46
4.2.8. Çalışma materyali bitki ve toprakta magnezyum içeriği.....	48
4.2.9. Çalışma materyali bitki ve toprakta nicel içeriği.....	49
4.2.10. Çalışma materyali bitki ve toprakta kurşun içeriği.....	50
4.2.11. Çalışma materyali bitki ve toprakta çinko içeriği.....	51

## 5. BÖLÜM

### TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Tartışma ve sonuç.....	53
-----------------------------	----

6. <b>KAYNAKLAR</b> .....	59
---------------------------	----

7. <b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	63
--------------------------	----

## KISALTMALAR VE SİMGELER

<b><u>Sembol</u></b>	<b><u>Anlamı</u></b>
<b>%</b>	: Yüzde
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>Al</b>	: Alüminyum
<b>BBC</b>	: British Broadcasting Corporation
<b>BGR</b>	: Alman Federal Jeobilim Enstitüsü
<b>Ca</b>	: Kalsiyum
<b>Cd</b>	: Kadmiyum
<b>Cr</b>	: Krom
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>°C</b>	: Santigrad derece
<b>DW</b>	: Dry weight (Kuru Ağırlık)
<b>EMR</b>	: Elektromanyetik Radyasyon
<b>eV</b>	: Elektron Volt
<b>Fe</b>	: Demir
<b>GC</b>	: Gaz kromatografisi
<b>Gr</b>	: Gram
<b>GPS</b>	: Global Positioning System (Global Konumlandırma Sistemi)
<b>Hg</b>	: Civa
<b>IC</b>	: İyon kromatografisi

<b>ICP</b>	:	İndüktif Eşleşmiş Plazma
<b>ICP-MS</b>	:	İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi
<b>K</b>	:	Kelvin veya Potasyum
<b>Kg</b>	:	Kilogram
<b>km</b>	:	Kilometre
<b>km<sup>2</sup></b>	:	Kilometre kare
<b>km<sup>3</sup></b>	:	Kilometre küp
<b>kw</b>	:	Kilovat
<b>L</b>	:	Litre
<b>LC</b>	:	Likit kromatografisi
<b>M</b>	:	Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	:	Metre kare
<b>m<sup>3</sup></b>	:	Metre küp
<b>mg</b>	:	Miligram
<b>Mg</b>	:	Magnezyum
<b>mg/kg</b>	:	ppm
<b>mg/L</b>	:	miligram/litre
<b>Mhz</b>	:	Megahertz
<b>ml</b>	:	Mililitre
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>Mn</b>	:	Mangan
<b>mR/h</b>	:	Mikroröntgen/saat

<b>mSv</b>	:	Mili Sievert
<b>mSv/a</b>	:	Mili Sievert/yıl
<b>µg/L</b>	:	Mikrogram/Litre
<b>µm</b>	:	Mikromilimetre
<b>Na</b>	:	Sodyum
<b>ng/L</b>	:	Nanogram/Litre
<b>Ni</b>	:	Nikel
<b>Pb</b>	:	Kurşun
<b>ppb</b>	:	Part per billion (Milyarda bir)
<b>ppm</b>	:	Part per million (Milyonda bir)
<b>Pu<sup>239</sup></b>	:	Plutonyum-239
<b>K</b>	:	Potasyum
<b>Sv</b>	:	Sievert
<b>sn</b>	:	Saniye
<b>SSCB</b>	:	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
<b>t</b>	:	Ton
<b>U</b>	:	Uranyum
<b>U<sup>235</sup></b>	:	Uranyum-235
<b>U<sub>3</sub>O<sub>8</sub></b>	:	Triuranium octoxide (Sarı Pasta)
<b>w/w</b>	:	Volume to volume (hacime karşılık hacim)
<b>X</b>	:	İks
<b>XIX</b>	:	19

**Y** : Gama  
**Zn** : Çinko  
 **$\alpha$**  : Alfa  
 **$\beta$**  : Beta

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> Isık Göl - Ton bölgesindeki Kaji-Say Köyünde bulunan eski Sovyet uranyum işleme ve depolama alanındaki çalışma istasyonları ve bu istasyonlara ait bilgiler ve istasyonlarda tespit edilen radyasyon miktarları.....	35
--	----

## RESİMLER LİSTESİ

- Şekil 1.** Isık gölü, Ton bölgesi, Kaji-Say köyü (Fotoğraf Google Earth Programı kullanılarak alınmıştır, 2018).....23
- Şekil 2.** . Isık gölünün Ton bölgesi Kaji-Sai köyündeki eski uranyum depolama alanı ve uranyum işleme tesisinin görüntüleri.....24
- Şekil 3.** Bitki örneklerinin toplandığı Isık gölünün Ton bölgesi Kaji-Sai köyündeki eski uranyum depolama alanı ve uranyum işleme tesisinin birkaç uydu görüntüsü (Fotoğraflar Google Earth Programı kullanılarak alınmıştır, 2018).....26
- Şekil 4.** A) *A. dracunculus* – Sınıflandırma, B) *A. dracunculus* - Genel Görünüş, C) *A. dracunculus* – Çizimi ve D) *A. dracunculus* – Herbaryum Görüntüsü.....28
- Şekil 5.** Çalışma bölgesinden çekilmiş çalışma materyaline (*A. dracunculus*) ait fotoğraflar.....29
- Şekil 6.** Analizlerde kullanılan cihazlar a) ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer – Agilent Technologies, 7700 Series, b) Berghof–MWS2.....34
- Şekil 7.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen U miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....37
- Şekil 8.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen U miktarları (Kontrol: 5. istasyon).....38
- Şekil 9.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Al miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....39
- Şekil 10.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Al miktarları (Kontrol: 5. istasyon).....40



- Şekil 11.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Ca miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....41
- Şekil 12.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Ca miktarları (Kontrol: 5. İstasyon).....41
- Şekil 13.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Cd miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....42
- Şekil 14.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Cd miktarları (Kontrol: 5. İstasyon).....42
- Şekil 15.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Cr miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....43
- Şekil 16.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Cr miktarları (Kontrol: 5. İstasyon).....44
- Şekil 17.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Fe miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....45
- Şekil 18.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Fe miktarları (Kontrol: 5. İstasyon).....45
- Şekil 19.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen K miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....46

<b>Şekil 20.</b> ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. dracuncululus</i> ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg <sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen K miktarları (Kontrol: 5. İstasyon).....	47
<b>Şekil 21.</b> ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. dracuncululus</i> 'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde mg.kg <sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Mg miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....	47
<b>Şekil 22.</b> ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. dracuncululus</i> ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg <sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Mg miktarları (Kontrol: 5. İstasyon).....	48
<b>Şekil 23.</b> ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. dracuncululus</i> 'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde mg.kg <sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Ni miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....	49
<b>Şekil 24.</b> ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. dracuncululus</i> ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg <sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Ni miktarları (Kontrol: 5. İstasyon).....	50
<b>Şekil 25.</b> ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. dracuncululus</i> ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg <sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Pb miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....	50
<b>Şekil 26.</b> ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. dracuncululus</i> ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg <sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Pb miktarları (Kontrol: 5. İstasyon).....	51
<b>Şekil 27.</b> ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. dracuncululus</i> ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg <sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Zn miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol)).....	52
<b>Şekil 28.</b> ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. dracuncululus</i> ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg <sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Zn miktarları (Kontrol: 5. İstasyon).....	52

## GİRİŞ

Endüstriyel alandaki gelişim ile birlikte özellikle radyoaktif elementler ve toksik maddelerin sebep olduğu çevresel kirlilik kentsel alanlarda ciddi ekolojik sorunlar oluşturmaktadır. Cevher ve maden işleyen sanayi bölgeleri, toksik elementleri atmosfere salan kimyasal fabrikalar, otomobillerden çıkan egzoz gazları, mineral gübrelerin toprağa karışması vb. kirlenmeye sebep olan kaynaklar olarak gösterilebilir (Osma ve ark., 2012; Özyiğit ve ark., 2013). Toksik elementler insana hava, su ya da besin zinciri (büyük ihtimalle besin olarak kullanılan bitkiler) yoluyla girerler (Karpuzcu, 1999). Mikroelementler bitkiye yaprak ve kök sistemi yoluyla geçiş yapabilirler. Toksik element terimi, sadece düşük konsantrasyonlarda bile organizmalar üzerinde toksik etkiye sahip olan elementleri karakterize etmek için değil aynı zamanda organizmalar için gerekli olan ancak organizmalarda belli eşik değerlerinin üzerindeki konsantrasyonlarda bulunduğu zararlı etkiye sahip olan elementleri karakterize etmek içinde kullanılır (Bergmann, 1992; Metali ve ark., 2012; Ent ve ark., 2013). Ortaya çıkan sorunların karmaşıklığı, toksik elementlerin canlı organizmalar üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve farklı çevresel bölgelerdeki kirliliğin izlenmesi için geniş çaplı laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Nükleer kazalar (radyoaktif materyelden dolayı insanların ve/veya çevrenin aşırı radyoaktif doza maruz kalması veya radyoaktif kirlenmeyi içeren bir olay), nükleer silahların test edilmesi, nükleer endüstri kaynaklı salınan atıklar ve benzeri sebeplerden ötürü radyoaktif maddelerin çevreye yayılması çevredeki tüm canlı organizmaların aşırı derecede ışınımına maruz kalmasına sebep olmuştur. Sonuçta, bu gibi aktiviteler çevrenin arka plan radyasyon miktarının artmasına sebep olur. Yetkili makamlar, nerede ve hangi faaliyet ve çalışma koşulları altında arka plan radyasyonunu çalışan kesimin maruz kalabileceği dozu ve hatta çevreyi sürekli izleyerek halkın maruz kalabileceği dozu tespit etmelidir (Uslu, 2003).

Eski Sovyet Birliğinin güney eyaletlerini oluşturan orta asya cumhuriyetleri Kazakistan, Kırgızistan, Tacikistan, Türkmenistan ve Özbekistan doğal kaynaklar bakımından zengindir ve bu kaynakların çoğu halen kullanıma sokulmamıştır. Büyük miktarlarda bulunmasına rağmen bu doğal kaynakların önemli bir kısmı kirlenmiş ve

kirlilikten ötürü bu kesimlerde yaşayan insanlar üzerinde negatif etkilerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Sonuç olarak, bu durumun çevresel meselelerle bağlantılı olarak göz önüne alınması gereken birçok ekonomik ve sosyal yönü bulunmaktadır. Bu bölge halen Sovyetler Birliği döneminden kalan geçmiş uygulama ve kullanımlarından sıkıntı çekmektedir ve bu uygulama ve kullanımlar insan sağlığı ve bölgenin kırılgan ekosistemleri üzerinde önemli etkiler ortaya çıkarmıştır (Envisec, 2008).

### 3. BÖLÜM

#### GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

##### 3.1. Nükleer endüstri

Enerji insanlık için vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. Modern dünyada, insan hayatının merkezi konumunda baş aktör olarak enerji yer almaktadır. Dünya ülkeleri ile birlikte Kırgızistan içinde hızlı bir gelişme süreci ile birlikte değişim sözkonusudur. Ancak bu değişim ve ilerleme bir yandan refah ve kalkınma sağlarken diğer taraftan da çevreye verdiği zararlar sebebi ile dünya üzerinde olumsuz yansımaları olmaktadır ki bunun direk sonuçları olarak insan sağlığı tehlikeye girmektedir. Dünya ülkeleri enerji için çeşitli alternatifler oluşturma çalışmalarının bir sonucu olarak nükleer enerjiyi kullanmaya başlamıştır. Nükleer enerji, atomun çekirdeğinin barındırdığı enerjinin ortaya çıkarılması ile elde edilen bir enerji çeşitidir. Nükleer enerjinin ortaya çıkarılabilmesi için nükleer reaktörler kullanılmaktadır (Wikipedia.org, 2018). Nükleer enerji, füzyon adını alan atomik parçacıkların birleşme reaksiyonu (güneşte meydana gelen reaksiyonlar bu sınıftadır) veya fisyon adını verdiğimiz atom çekirdeğinin parçalanması sonucu (nükleer bombaların patlatılması sonucu ortaya çıkan reaksiyonlardan çıkan enerji bu türdendir) veya yarılanma adını verdiğimiz çekirdeğin parçalanarak daha kararlı hale geçmesi şeklinde ortaya çıkan nükleer reaksiyonlardan birinin gerçekleşmesi ile ortaya çıkar (Şeker ve Çerezçi, 2000). Nükleer enerji, Fransız fizikçi Henri Becquerel tarafından 1896 yılında, uranyum maddesinin fotoğraf plakaları ile yan yana durması ve karanlıkta yayılan X-Ray ışınlarının fark edilmesi ile bulunmuştur (Wikipedia.org, 2018). 1950'lerden beri, nükleer fisyon prensibine dayalı olarak nükleer santrallerde kullanılan üç teknoloji geliştirilmiştir ve daha farklı

teknolojilerde geliştirilme aşamasındadır (Baykara, 2006). Atom çekirdeğinden nükleer reaksiyon sonucu enerji üretmenin dışında; nükleer teknolojiden sağlık hizmetlerinde, sanayide, tarımda, silah olarak kullanımda, arkeolojik kalıntıların incelenmesinde ve Adli tıpta da kullanılmaktadır (Güler, 2006).

Alternatif bir enerji kaynağı olarak nükleer enerji petrol ve petrol türevlerinden elde edilen ve tükenmekte olan hidrokarbon temelli ve çevreye zarar veren diğer enerji türlerine karşı, artık birincil enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Dünyada nükleer enerji ile çalışan santrallerin kurulmasını destekleyenler ve bu enerji türünün kullanımına olumlu bakanlar, artan dünya nüfusunu, tükenen enerji kaynaklarını ve bu tükenmeden dolayı artan maliyetleri öne sürmektedirler. Ayrıca nükleer enerjiyi yeni ve ileri teknoloji olarak karşımızda durmaktadır. Dünya üzerinde meydana gelen kazaların (Çernobil gibi) verdiği tecrübe ile nükleer enerji santrallerinin kurulması hakkında olumsuz düşünceye sahip olanlar ise, daha çok herhangi bir kaza neticesinde ortaya yayılan radyasyon riski üzerinde durmakta ve bu durumun çevreyi ve insan sağlığını tehdit ettiğini savunmaktadırlar. Hızla tükenen kaynaklar hızla artan insan nüfusuna yetmediğinden nükleer enerji yeni oluşturulacak güvenilir teknolojiler sayesinde, çok az risk taşıyan ancak çıktığında da ciddi hasarlar verebilecek bir enerji çeşidi olarak nükleer enerji karşımızda durmaktadır. Nükleer enerji dünyada artık daha fazla kabul edilmekte ve hatta çevreciler tarafından da desteklenmektedir.

## **2.2. Nükleer faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıklar**

Nükleer enerjiden bahsedildiğinde radyasyon ve nükleer atık kavramları ayrı başlık altında incelenmelidir. Elektromanyetik dalgalar biçimindeki enerji aktarımına Radyasyon denir (Wikipedia.org, 2018). Radyasyon; iyonlaştırıcı olan (nükleer) ve iyonlaştırıcı olmayan (elektromanyetik) radyasyon olarak ikiye ayrılmaktadır (Şeker ve Çerezçi, 2000). Birinci sınıfta iyonlaşmaya sebep olan elektromanyetik X, Y ışınları ve ikinci sınıfta  $\alpha$  ve  $\beta$  parçacık radyasyonları yer almaktadır. İyonlaştırıcı etkiye sahip olmayan radyasyon sınıfı içerisinde ise ultraviyole ışınlar ve EMR nitelikli radyasyonlar yer alır. Dünya yerkabuğundaki radyoaktif elementlerin yaydıkları radyasyonlar ve uzaydan gelen kozmik radyasyonlar doğal radyasyon sınıfı içerisinde bulunurlar.

Çevreden yayılan radyasyonlar ise televizyon ve bilgisayar ekranlarından kaynaklanabildiği gibi nükleer faaliyetlerden kaynaklanan radyasyonları da içerir.

Nükleer elektrik üretimi  $U^{235}$  ve az miktarda da  $Pu^{239}$  kullanılarak gerçekleştirilmektedir.  $U^{235}$ , doğada sadece % 0,7 oranında bulunmaktadır. Buna göre, bu elementin fazlaca çıkarılması çevreye verilecek olan radyoaktif kirlilik demek olacaktır. Atık yakıt, nükleer reaktörlerin işletimi sırasında ortaya çıkar. Nükleer tesisler, çevreye radyasyon ihtiva eden nükleer atık ürünlerinin çıkmasına sebep olur. Bu nükleer atıklar farklı ülkeler tarafından farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Ancak bu sınıflandırmanın en genel hali aşağıdaki gibidir:

- a) Düşük etkinlik yoğunluğu içeren atıklar,
- b) Düşük/Orta Seviyeli Atıklar,
- c) Kısa Ömürlü Atıklar (30 yıldan daha az yarı ömrü olan atıklar),
- d) Doğal olarak bulunan ışınetkin materyal atıklar,
- e) Alfa ışıması yayyan atıklar (Plütonyum izotopları gibi alfa yayınlayan ışınetkin çekirdekleri içeren atıklar),
- f) Yüksek seviyeli atıklar (Bir nükleer reaktörden çıkan kullanılmış yakıtlar veya kullanılmış yakıtları yeniden işlerken ortaya çıkan yüksek derecedeki aktif sıvılar)

Bir nükleer atığın doğada yok olma süreci on binlerce yılla ifade edilirken bu atıkların çevreye ve insan sağlığına uzun vadede ciddi zararları bulunmaktadır. Bu uzun yıllar boyunca havaya, suya ve toprağa karışan radyasyon insan ve bitkiler üzerinde etkili olurlar ve çevreye yayılarak, canlılara besin veya solunum yoluyla geçerler. Yüksek dozdaki radyasyon bir insanın sağlığını önemli ölçüde değiştirir. Bu gibi kişilerde; kan ve kan yapan organlarda tahribat (anemi, lösemi gibi hastalıklar), kısırlık, gözde katarakt, ciltte ateş yanığı nı andıran yaralar, kanser ve sarkom gibi kötü tümörler, doğal ömrün kısalması, ölüm ve kalı tımsal hastalıklar görülebilmektedir. Ancak bu faktörlerin ortaya çıkması ani aşırı doz karşısında mümkündür. Bunun haricinde yıllara yayılmış olan bir doz alımında bu etkilerin uzun yıllar neticesinde birikim olarak ortaya çıktığı gözlemlenmiştir (Şeker ve Çerezçi, 2000). 1945 yılından

bu yana özellikle nükleer enerji santrallerinin bulunduğu alanlarda çocukların diş ve kemiklerinde, asla bulunmaması gereken Stronsiyum-90, kaslarında Sezyum-137 ve tiroitlerinde de İyodin-131 görülmeye başlanmıştır. 50 yaş altı kadınlarda meme kanseri vaka sayısı artarken, bağışıklık sistemini doğrudan etkileyen Stronsiyum yüzünden AIDS vakalarında da bir artış gözlemlenmiştir (Güler, 2006).

### 2.3. Uranyum

Uranyum, sembolü U ve atom numarası 92 olan elementtir. Periyodik tablonun aktinit serisinde gümüşsü beyaz bir metaldir. Uranyum son yörüngesinde 6 elektron içeren ve 92 proton ve 92 elektron taşıyan atomdur. Uranyum zayıf radyoaktiftir, çünkü tüm izotopları kararsızdır (doğal olarak bilinen uranyum-233'ten uranyum-238'e, 6 izotopun yarı ömürleri, 69 ve 4,5 milyar yıl arasında değişir). Doğal uranyumdaki en yaygın izotoplar uranyum-238 (146 nötronu vardır ve izotoplar arasında % 99'luk oranla bu izotop en yaygın bulunur) ve uranyum-235 (143 nötronu vardır)'dir. Uranyum, dünyada doğal olarak bilinen elementler arasında en yüksek atom ağırlığına sahiptir. Yoğunluğu kurşununkinden yaklaşık % 70 daha fazla ve altın veya tungstenden biraz daha düşüktür. Doğal olarak toprak, kaya ve suda milyonda bir oranında (ppm seviyesinde) düşük konsantrasyonda görülür ve ticari olarak uranit gibi uranyum taşıyan minerallerden elde edilir. Doğada uranyum, uranyum-238 (% 99.2739–99.2752), uranyum-235 (% 0.7198–0.7202) ve çok az miktarda uranyum-234 (% 0.0050-0.0059) olarak bulunur. Uranyum alfa parçacığı yayarak yavaş yavaş bozunur. Uranyum-238'in yarı ömrü yaklaşık 4.47 milyar yıl, uranyum-235'in ise 704 milyon yıldır bu yüzden dünya'nın yaşını tayin etmede oldukça kullanışlıdır. Uranyumun birçok çağdaş kullanımı, onun eşsiz nükleer özelliklerinden yararlanılarak gerçekleştirilir. Uranyum-235, doğal olarak bölünebilen bir izotop olmanın ayrıcalığına sahiptir. Uranyum-238 nükleer bir reaktörde, hızlı nötronlar gönderilerek bölünmesi sağlanarak plütonyum-239'a dönüştürülebilir. Bir başka izotop olan uranyum-233, doğal toryumdan üretilir ve aynı zamanda nükleer teknolojiye de kullanımı açısından önemlidir. Uranyum-238 kullanılarak, hızlı nötronlarla spontan fisyon veya hatta indüklenmiş fisyonun ortaya çıkma ihtimali oldukça düşüktür. Uranyum-235 ve daha düşük bir seviyede uranyum-233, yavaş nötronlar için çok daha yüksek bir fisyon

kesatine sahiptir. Yeterli konsantrasyonlarda, bu izotoplar sürekli bir nükleer zincir reaksiyonunu ortaya çıkarabilir. Bu, nükleer güç reaktörlerindeki ısıyı üretir ve nükleer silahlar için bölünebilir maddenin üretiminde kullanılabilirler. 1789 Uranüs gezegeninden keşfinden sonra mineral zifti içerisinde Martin Heinrich Klaproth tarafından keşfinden sonra gezegenin ismine izafeten isimlendirilmiştir. Eugène-Melchior Péligot, metali izole eden ilk kişidir ve radyoaktif özellikleri 1896'da Henri Becquerel tarafından keşfedilmiştir. Otto Hahn, Lise Meitner, Enrico Fermi ve diğerleri gibi 1934 yılında J. Robert Oppenheimer tarafından yapılan araştırmalar, nükleer enerji endüstrisinde ve savaşta kullanılan ilk nükleer silah olan Little Boy'da yakıt olarak kullanılmasına yol açmıştır. Amerika Birleşik Devletleri ve Sovyetler Birliği arasındaki Soğuk Savaş döneminde devam eden bir silahlanma yarışı, uranyum elementi ve uranyum türevi plütonyum-239 kullanılan on binlerce nükleer silah üretilmesine neden olmuştur. 1991'de Sovyetler Birliği'nin dağılmasından sonra bu silahların güvenliği halk sağlığı ve güvenliği için süregiden bir endişe kaynağı oluşturmuştur. 2013 yılında dünya çapında  $U_3O_8$  (sarı pasta) üretimi 70.015 tona ulaşmış olup, bunun 22,451 tonu (% 32) Kazakistan'da çıkarılmıştır. Diğer önemli uranyum madenciliği ülkeleri Kanada (9,331 t), Avustralya (6,350 t), Nijer (4,518 t), Namibya (4.323 t) ve Rusya'dır (3,135 t). Maden rezervlerinde 5.5 milyar ton uranyumun bulunduğu tahmin edilmektedir ve herbir libresi uranyum başına 59 ABD doları kadar olduğundan ekonomik olarak çıkarılabilir olduğu tahmin edilmektedir.

### **2.3.1. Çevre üzerine uranyumun etkileri**

Uranyum çok reaktif olan radyoaktif bir elementtir. Bundan dolayı, çevrede elemental halde bulunmaz. Uranyum, diğer elementler ve su içinde çözünen maddeler ile reaksiyona girerek uranyum bileşiklerini oluşturur. Bir uranyum bileşiğinin suda çözünürlük yeteneği, onun çevredeki hareket kabiliyetini ve onun toksisitesinin derecesini belirler. Uranyumun kendisi çok tehlikeli olmasa da, dar alanlarda birikebilen bozunma ürünlerinin bir kısmı tehdit oluşturmaktadır. Havada toz olarak bulunan uranyum, yer altı sularına, bitkilere veya toprağa çökme veya yağmur yoluyla girer. Su yoluyla sedimente veya toprağın alt tabakalarına girerek mevcut olan uranyumla birlikte karışarak toprağın alt toprak tabakalarında yer alır. Düşük miktarlarda uranyum



içeren suyun genellikle içilmesi güvenlidir. Doğası gereği, uranyumun balıklarda veya sebzelerde birikmesi pek olası değildir ve emilen uranyum, idrar ve dışkı yoluyla hızla canlıdan dışarı atılır. Topraktaki bileşikler, yeraltı suyuna doğru hareket etmeden yıllarca toprakta kalabilen diğer bileşiklerle birleşir. Uranyum konsantrasyonları, fosfat açısından zengin topraklarda genellikle daha yüksektir, ancak bu, bir problem değildir çünkü konsantrasyonlar genellikle kirlenmemiş toprak için normal tespit edilen aralıkları aşmamaktadır. Bitkiler uranyumu köklerinden emer ve orada saklarlar. Turp gibi kök sebzeler, sonuçta normal konsantrasyonlardan daha fazla uranyum içerebilir.

İnsanlar, gıda, hava, toprak ve suda bulunan uranyumun belli miktarlarına doğadaki mevcudiyetinden dolayı belli oranlarda maruz kalmaktadır. Sebze gibi yiyeceklerle, su ve havada doğal olarak az miktarda bulunan uranyum vücuda giriş yapar. Deniz ürünlerindeki uranyum konsantrasyonu genellikle çok düşüktür ve bundan dolayı göz ardı edilebilir. Tehlikeli maden ve atık sahalarının yakınında yaşayan insanlar, kirlenmiş toprakta yetişen bitkileri tüketen insanlar veya bir uranyum atık imha bölgesinden su tüketen insanlar, diğer insanlardan daha fazla uranyuma maruz kalabilirler. Bilim adamları doğal uranyum seviyelerinde zararlı radyasyon etkisi olmadığını bulmuşlardır. Ancak, büyük miktarlarda uranyum alındıktan sonra kimyasal etkiler oluşabilir ve bunlar böbrek hastalığı gibi sağlık etkilerine neden olabilir. İnsanlar uzun bir süre radyoaktif bozunma sırasında oluşan uranyum radyonüklidlere maruz kaldıklarında kanser ortaya çıkabilir. Kansere yakalanma şansı, zenginleştirilmiş uranyuma maruz kalan insanlarda çok daha yüksektir. Çünkü bu uranyumun radyoaktif formudur. Uranyumun bu formu, insanların birkaç yıl içinde kansere neden olmasına neden olan radyasyon kaynağıdır. Zenginleştirilmiş uranyumun çeşitli sahalarda kullanımından dolayı herhangi bir kaza anında çevreye yayılması sözkonusu olabilir. Dünyadaki birincil enerji kaynaklarının kullanımları sonucu çevreye verdikleri zararlar ve uzun vadede maliyetleri açısından nükleer enerjiyle kıyaslandığında günümüz dünyası için önemlerini yitirmeye başladıklarını ve nükleer enerjiyi çok cazip bir hale getirdiklerini görmekteyiz. Birincil enerji kaynaklarını (kömür, fueloil, doğalgaz, vb.) kullanarak elde edilen enerji termik santraller aracılığı ile gerçekleştirilir. Buna karşılık nükleer enerji nükleer santrallerde bulunan reaktörde fisyon olayına dayalı olarak üretilmektedir (Goncaloğlu ve ark., 2000). Birincil enerji kaynaklarının kullanımı sırasında açığa çıkan gazlar (kül, kükürt dioksit, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve çeşitli hidrokarbonlar)

atmosferde sera etkisine neden olarak küresel ısınmayı tetiklemektedir (Varınca ve Gönüllü, 2006). Buna karşın nükleer enerjinin üretim maliyeti yüksek olmasına rağmen, hammaddesi olan Uranyum, 15-20 yıllık stoklama seçenekleri ile cazip bir durumdadır. Ancak uranyumda da tıpkı diğer kaynaklarda olduğu gibi bir takım riskler mevcuttur ki bunların en başında çevreye yayılan radyoaktif atıklar gelmektedir (Goncaloğlu ve ark., 2000).

Normal şartlar altında uranyum radyasyon yaymaz. Ancak uranyum parçalanırsa, sonrasında sürekli radyasyon yaymaya başlar. Ortaya çıkan radyasyonun zararları konusunda şu şekilde özetlenebilir. İyonlaştırıcı radyasyonun bir canlıda biyolojik bir hasar yaratabilmesi için radyasyon enerjisinin hücre tarafından soğurulması gerekir. Bu soğurma sonucu radyasyon moleküllerde iyonlaşma ve uyarılmalara sebep olur. Ortaya çıkan biyolojik hasarların başlıcaları hücrenin genetik bilgisini taşıyan DNA zincirlerinde kırılmalar ve hücre içerisinde kimyasal toksinlerin ortaya çıkması ile kendini gösterir. Hasarın büyüklüğü radyasyonun çeşidi ve sahip olduğu enerji ile alakalıdır. Bir diğer önemli etmen alınan radyonun doz hızı ve miktarı ile ilintilidir. Eşit dozdaki radyasyonların yüksek doz hızlarında uygulanmasıyla oluşacak hasar, düşük doz hızlarında uygulanmasına oranla oluşacak hasardan daha büyük olacaktır. Radyasyon dozuna maruz kalış süresi de hasarın büyüklüğüne etki eden radyasyon özelliklerinden biridir. Radyasyon kaynağın yakınında ne kadar çok zaman geçirilirse o kadar çok doza maruz kalınır. Bir ölçüm cihazının 5 mSv/saat doz hızı okuduğu bir bölgede kalınması halinde maruz kalınacak doz 1 saatte 5 mSv, 2 saatte 10 mSv, 3 saatte 15 mSv, vs.'dir. Böylece süre arttıkça maruz kalınan doz miktarı artacak ve hasar da buna bağlı olarak büyüyecektir. Kronik olarak ışınımına maruz kalan kişilerde, yıllar sonra, katarakt ve kanser vakaları görülebileceği gibi doğal ömür sürelerinde de bir kısalma söz konusu olabilir. Ayrıca, bu kişilerin kendilerinden sonraki nesillerinde kalıtsal bozukluklara rastlanabilir. Göz merceğinin, uzun yıllar boyunca yıllık olarak 0.1 Sv'in üzerinde bir doza maruz kalması gözde fark edilebilir bir opasite (saydamlık kaybı) oluşumuna neden olabilirken bu doz 0.15 Sv'in üzerine çıktığında katarakt meydana gelebilir. Hayvanlar üzerinde yapılan deneyler, radyasyonun yaşlanmayı hızlandırdığını ve buna bağlı olarak da doğal yaşam süresinde belli bir kısalmanın söz konusu olabileceğini ortaya koymaktadır. Çevreye rastgele atılan radyoaktif maddeler insan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etkiler yaparak çevreyi ve

ekolojik dengeyi bozmaktadır. Ayrıca radyasyon canlıda genetik değişikliklere ya da vücutta kalıcı değişikliklere sebep olabilir. Radyasyonun çevreye zararları sınır tanımaksızın yayılmakta ve kilometrelerce uzağa etki etmektedir. Uranyum yüksek yoğunluğa sahip, ısıtıldığında yanabilen bir maddedir ve soğuk su ile reaksiyona girebilir. Havayla temas ettiğinde hızlıca uranyum okside dönüşebilir. Uranyumun çoğu suda çözülür ve suya karışan bu uranyum topraktan ve kayalardan gelir. Uranyumun karıştığı toprak/suda yetişen bitkilerden beslenen insanlarda uranyumun kimyasal etkilerinden kaynaklanan hastalıklara yakalanma riskleri vardır.

#### **2.4. Kırgızistan'da, Eski Sovyetler Birliği dönemindeki nükleer faaliyetler**

Son 100 yılda Kırgızistan toprakları bulundurduğu en önemli maden ve hammadde kaynakları (radyum, uranyum ve nadir bulunan toprak elementleri) sayesinde başlangıçta Çar Rusya'sına ve daha sonrada SSCB'ye hizmet etti (Torgoev ve Aleshin, 2001). Fergan vadisinde dağlarda yapılan çalışmalarda radyoaktif uranyum-radyum minerallerinin keşfedilmesi XIX. yüzyılın sonlarında Kuri çiftinin yaptığı çalışmalarla aynı zamana denk gelmiştir (Aleshin ve ark., 2000). Benzer mineraller, Osh şehrinin 30 km güney batısında bulunan Teo-Moyunsky madeninde de bulundu ve 1907'den 1913'e kadar, bu uranyum-radyum madeninden 820 000 kg cevher çıkarılarak, 655 000 kg'su Petersberg'a getirildi. Bir yeraltı madeni olan Teo-Moyunsky madeninin kapandığında derinliği 220 m'den fazlaydı (Torgoev ve Aleshin, 2001). 20. yüzyılın 40'larında, çoğunlukla askeri amaçlar için atomik enerji tekniklerinin pratikte uygulamaya girmesi ile birlikte uranyum endüstrisi hızlı bir şekilde gelişti. O zamanda, Kırgızistan'daki Ferghana vadisinin kuzey yakasında bulunan Shekaftar, Kyzyl-Jar, Mayly Suu, Rishtan ve diğer bir yerdeki 10 uranyum madeninden cevher çıkarılmaya başladı. Büyük miktarlarda endüstriyel ölçekli uranyum madeninin kullanımı Mayly Suu'da 1945'de başladı. Lenynabad (Ferghansky) kimya tesisi 1947'de çok kısa sürede inşa edildi ve Mayly Suu ve TeoMounsky madenleri bu kompleksin bir parçası olarak askeri amaçlı uranyum üretiminin yapıldığı ilk yer oldu. 1950'lerin ortalarına kadar Mayly Suu'daki tesis, Doğu Almanya (Erzgebirge), Çekoslavakya (Yakhimov), Bulgaristan (Bukhovo) ve Tacikistan (Taboshar, Adrasman)'dan gelen madenleri işlemekte kullanıldı. Uranyumun yaklaşık % 75'i eski Alman Demokratik Cumhuriyeti

(Wismut)'nden getirildi (Torgoev ve Aleshin, 2001). 1950'nin başında Myn Kush ve Kadjy-Say'da uranyum madenciliği başladı. 1951'de Kırgızistan'ın kuzeyinde bulunan Karabaltynsky kaya fabrikası SSCB'nin en büyüğüdü. Günümüzde, Kazakistan'da yerinde çıkarılarak işlenen en büyük uranyum fabrikası bulunmaktadır. 1950 ortalarından itibaren Kırgızistan, eski SSCB'nin en büyük uranyum üreticilerinden biri oldu. Kırgızistan, Issyk-Kul gölünde bilinen tüm teknolojiler kullanılarak uranyum çıkarıldığı belirtilmelidir. Bu faaliyetler sonucunda Kırgızistan'ın farklı bölgelerinde toplam 6 500 000 m<sup>2</sup>'lik alanda 50 000 000 m<sup>3</sup> atık içeren 30 farklı bölge vardır. Madencilik faaliyetleri sonucunda toplam 230 000 m<sup>2</sup>'lik bir alana sahip 25 maden boşaltım alanında 4 000 000 m<sup>3</sup>'lük kaya ve ham uranyum ortaya çıktı (Torgoev ve Aleshin, 2001). Kırgızistan'da uranyum madeni çıkarma ve işleme ilgili modern jeo-ekolojik durumun analizi madenlerin ve atıkların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin iki önemli şekilde ortaya çıktığını göstermektedir: Bölgesel ve küresel nitelikte olumsuz ekolojik sonuçlar doğuran tehlikeli doğal ve jeoteknik olayların (heyelan, çamurluk, atık depolama alanındaki kazalar) ortaya çıkışı ve çevrenin ve özellikle hidrosferin radyonüklidler ve toksik bileşenler tarafından kirlenmesi, ABD, Kanada ve Doğu Almanya'ya oranla, uranyum madenlerinin sayısı, toplam uranyum atık miktarları ve boyutları nispeten düşük olmasına rağmen dağlık alanların varlığı nedeniyle, uranyum sanayi ürünlerinin çevre üzerindeki etkisinin karakteri ve ölçeği Kırgızistan'da çok daha yüksektir. Madencilik özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan olumsuz faktörler arasında şunlar bulunur: kompleks dağlık alan yapısı; yüksek sismik ve tektonik aktiviteler; yamaçların stabil olmaması; dağlarda yıkıcı doğal süreçlerin çeşitliliği ve yoğunluğu (erozyon, toprak altından çıkarma, toprak kaymaları, çamurlu akıntılar ve iklim değişikliği); özellikle madencilik faaliyetleri sırasında dağlık bölgelerin yüksek oranda tahrip edilmesi gibi jeoteknik faktörler (Torgoev ve Aleshin, 2001).

Tarihsel süreç içerisinde Kırgızistan'da uranyumda dahil olmak üzere madencilik ve madencilikle ilgili konularda yukarıda belirtilen faktörlerin ve süreçlerin kombinasyonları neticesinde bölgesel ve global ölçekte kazaların ortaya çıktığı sık sık tespit edilmiştir. Bu tür kazalar sonucu ortaya çıkan felaketlerin yüksek ihtimalle sebebi madenlerin çoğunluğunun stabil olmayan dağ yamaçlarında kuruldukları gerçeğiyle bağlantılıdır. Aynı zamanda radyoaktif atık bölgeleri uygun yerler bulunamadığı için nehir yataklarına bitişik olarak kurulmuştur. 1958 yılının nisan ayında bir deprem ve

onu takip eden şiddetli yağışlar sonrasında nehirden sadece 30 metre uzakta inşa edilen Mayly Suu'daki zayıf baraj yıkılarak 600 000 m<sup>3</sup>'lük atık (toplam hacmin yaklaşık %50'si) nehre dökülmüştür. Radyoaktif çamur akışı kasabada çok sayıda evi imha etti, insanlar öldü ve atıklar 40 km boyunca nehre dağılmış ve meydana gelen taşkınlar neticesinde ovalarını kirletmiştir. Tarım alanlarının temizlenmesi uzun yıllar sürmüştür. Bu tür kazalar Kırgızistan'ın diğer atık bölgelerinde de meydana geldi (Torgoev ve Aleshin, 2001). Radyoaktif mineral madeni çıkarım alanlarında ve ham radyoaktif minerallerin işlenmesi sırasında jeo-ekolojik ve radyolojik risklerin değerlendirilmesi özellikle depremler, çamur akışları ve anormal yağışların gerçekleştiği zamanlarda radyoaktif atık depolarının imha riskinin Myn Kush, Kadjy Say, Ak Tuz ve özellikle heyelan olduğunda Mayly Suu'da yüksek olduğunu göstermektedir (Torgoev ve Aleshin, 2001). 1953 ile 1954 yılları arasında Mayly Suu bölgesindeki heyelanların sayısı, yeraltı çalışmaları, maden yapı ve iç yapı inşaatlarının yapımı yoğunlaştığında artış göstermiştir. Maden etrafındaki toprak kaymalarının büyük kısmı 30-40 m derinliğe kadar olan yeraltı boşlukları ve stabil olmayan dağlık yüzeyler üzerine kurulan atık alanlardan dolayı meydana gelmiştir. Kasaba bölgedağlık sinde 50'den fazla farklı aktif heyelan olayı rapor edilmiştir (Torgoev ve ark., 2001). Massagetsky safhasındaki (oligocenic-miocen) kırmızı renkli kumtaşı kil birikimlerinden oluşan lős benzeri topraklarda Mayly Suu'da meydana gelen heyelanlar ortaya çıkmıştır. Bir milyon m<sup>3</sup>'den (Tektonik, Koy-Tash ve diğerleri) oluşan büyük heyelanlar Kretase-Paleojenik kumtaşı-kil birikintileri bulunan yamaçlarda meydana gelmiştir. Yeraltı sularının yüksek olması (1,5-5,0 m) nedeniyle, şiddetli yağışlara bağlı olarak heyelanların meydana gelmesi her yıl yaşanmaktadır. Bazı büyük heyelanlar sadece yaşam alanları için değil aynı zamanda atıklar açısından da tehlikeli olduğu için Mayly Suu'daki durum daha da kötüdür. Felaket senaryolarının ortaya çıkışını önlemek için 1996 yılında atıkların yeniden işlenmesi için bir proje başlatılmıştır. Aynı zamanda, heyelan olaylarının otomatik olarak izlenmesine başlanmış ve bu devam etmektedir (Torgoev ve ark., 2001). Radyoaktif atık alanlarının göllere ve nehirlere olan yakınlığı yanında atık alanlarının yetersiz jeoteknik yapıları, bu yapılarda hidroizolasyonun bulunmaması ve bu alanlardaki koruyucu konstrüksiyonların bozulması konusuna değinmek gerekir. Özellikle II. Dünya Savaşından sonra 1946-1955 arasında erken dönemde yapılan uranyum madenciliğine ait eski atık yapıları özel önem taşımaktadır.

Bu zaman periyodu uranyum madenciliği ve uranyumun işlenmesinin yol açtığı ekolojik tehlikenin dikkate alınmadığı dönemdir. Günümüzde geçmişte ciddi hataların yapıldığı açıkça görülmektedir (Torgoev ve Aleshin, 2001). Mayly Suu'da üretilen uranyumun başlangıç aşaması buna bir örnek olarak verilebilir. Özbekistan sınırından yaklaşık 30 km uzaklıkta bulunan Mayly Suu nehrinin geçtiği vadide radyoaktif atıklar, 23 yapı ve 13 atık alanında depolandı. Toplam radyoaktif atık miktarı 2 milyon m<sup>3</sup> ve toplam aktivite 50 000 Ku idi. Yapılan araştırmalar, Myly Suu nehir yatağında bulunan bazı atık alanlarının yetersiz baraj inşaatı yapımı, atıkların yüksek su içeriği ve güvenilir olmayan hidroizolasyondan dolayı nehrin sistematik radyoaktif kontaminasyonuna sebep olduğunu göstermektedir (Torgoev ve Aleshin, 2001). Sudaki uranyum konsantrasyonunun eşik değerinin birkaç bin katının üzerinde olduğunu göstermiştir. Madanyat köyünden 30 km uzaklıkta bulunan alanda yapılan ölçümler nehir suyundaki uranyum konsantrasyonunun eşik değerinden halen 10-15 katı daha yüksek olduğunu göstermiştir (Aleshin ve ark., 2000). Çoğu durumda, atıklardan sızan su yeraltı sularına sızar. Buna örnek olarak Kara Balta'daki uranyum depolama alanı gösterilebilir (Torgoev ve Aleshin, 2001). Güçlü bir havalandırma bulunmasına alanı bulunmasına rağmen (85 m'ye kadar) yüksek miktarlardaki sülfat, nitrat ve ağır metaller tarafından yeraltı suları kontamine edilmiştir. Kontamine olmuş alanlardaki sülfat ve nitrat konsantrasyonları normalinden 5-8 kat daha fazladır. Yoğun bir kontaminasyon bölgesinde depolama alanının 15 km uzağına ve 100-120 m derinliğine kadar yayılım görülebilir. Yoğun kontaminasyon zonundaki bir değişiklik, yeraltı sularından alınan örneklerle dayanılarak 1999'da belirlenmiştir (Torgoev ve Aleshin, 2001). Depolama alanında yapılan sondaj deliklerinden alınan yeraltı suyu örneklerinde depolama alanının yukarı kısımlarındaki uranyum konsantrasyonunun 0.008 mg/l ve depolama alanının alt kısımlarında uranyum konsantrasyonunun 0.30 mg/l'ye kadar çıktığı tespit edilmiştir (Torgoev ve Aleshin, 2001). Kara Balty atık alanındaki toprak ve yeraltı sularının radyoaktif ve toksik kontaminasyonunun bazı önemli sebeplerden dolayı ortaya çıkmıştır. Bunlardan biri atık alanının hidroizolasyon kalitesindeki yetersizliktir. 1996-1998 yılları arasındaki denge metodu ile atık alanında yapılan sızdırma oranlarının tespiti gerçekleştirildi ve bu oranın 70-100 m<sup>3</sup>/ yıl olarak bulundu (Torgoev ve Aleshin, 2001). Kadjy Say bölgesi çevresinde 1948-1966 döneminde uranyum oksit (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) elde etmek için uranyum içeren kömür madenciliği yapıldı. Fabrikanın işletilmesi sırasında

400 000 m<sup>3</sup> atık sıvılaştırdıktan sonra alana gömülmüştür. Atık alanı, dağlık Issyk Kul bölgesi sahiline 1,5 km uzaklıkta bulunmaktadır. Burası Jenish köyü yakınındaki radyoaktif monazit kum bulunan Djety Oguz kumsalıdır. Kozmik ışıklardan gelen gama radyasyonu, göl yüksekliği (1608 m) üzerinde 0.466 mSv/a'dır. Issyk Kul bölgesinde doğal kaynaklardan yayılan ortalama radyasyon miktarı 1.726 mSv/a olduğu için 5 mSv/a olan eşik değerinden çok daha küçüktür (Mylius, 1997). Atık alanından sızan suyun göle doğru ilerlemesi ve göle karışması hayli muhtemeldir ve bunu izlenmesini sağlayacak hiçbir kuyu mevcut değildir. Göl suyundaki doğal uranyum konsantrasyonunun, yüzey drenaj suyu ve yeraltı radon kaynaklarının hidro-kimyasal özelliklerinden ve radyoaktiviteden etkilenebileceğini belirtmek gerekir. Ortalama olarak, Issyk Kul'un göl suyu  $3.0 \cdot 10^{-6}$  % uranyum içermekte olup bu oran okyanus suyuna göre ( $10^{-7}$  %) daha yüksektir (Torgoev ve Aleshin, 2001). 1997'de Hannover'deki Alman Federal Jeobilim Enstitüsü (BGR) uzmanları, Kırgızistan'dan uzmanlarla birlikte Issyk Kul Gölü çevresinde 680 yerde radyasyon seviyesi ölçümlerini gerçekleştirdiler. Bu ölçümler, ortalama toprak gama ışınımının yaklaşık 1.26 mSv/a olduğunu, ölçülen verilerin 66 %'nin bundan daha düşük olduğunu, ölçümlerin 28 %'inin 1.26-1.77 mSv/a arasında olduğunu göstermiştir. Kaji Sai uranyum madeni alanında yüksek sayılar (% 6) ölçülmüştür (Torgoev ve Aleshin, 2001). Sonuç olarak, radyoaktif atık depolarının yanında yüzey toprağı, yeraltı suyu, biyotanın radyoaktif kontaminasyonunun artışının komşu ülkeler de dahil olmak üzere çok geniş alanda olumsuz etkileri ortaya çıkardığı belirtilmelidir.

## **2.5. Kırgızistan'daki, Eski Sovyetler Birliği döneminden kalan radyoaktif materyal atık bölgeleri**

Orta Asya'nın çevresel sorunları temel olarak yıllardır endüstriyel olarak sömürülmüş olan kaynakların yönetimiyle ilişkilidir. Bunun temel ve güncel sonuçlarından biri, madencilik ve endüstriyel atıkların yanlış yöntemler kullanılarak bertaraf edilmesiyle ortaya çıkan önemli orandaki çevresel kirliliktir. Bölgedeki çevresel kirlilik riski özellikle çok tehlikeli olan uranyum ve uranyumun yetersiz şartlarda depolanması ve uranyumun kullanımından ortaya çıkan sağlık problemleri açısından düşünüldüğünde bölgedeki sismik aktivitelerden dolayı özellikle Kırgızistan ve Tacikistanda artarak devam etmektedir (Angelini, 2010).

Kırgız Cumhuriyeti bağımsızlığını kazandığında, eskiden Sovyet düzenlemeleri altında faaliyet gösteren ve onların ihtiyaçlarına cevap veren bir maden endüstrisini devraldılar. Sovyet sisteminin birincil amacı üretimin maksimize edilmesiydi. Çevresel güvenlik ikinci derecede önemliydi. Madencilik ile ilgili fabrikalarının ve çevre koşullarının, özellikle uranyum tesislerinin işletilmesi ile ilgili bilgiler gizli tutuldu. Kırgızistan, kendisine miras kalan bu maden endüstrisi ile birlikte, yıllarca yetersiz güvenlik önlemleri ve tekrar iyileştirme yapılmamış maden depolama ve atık bölgeleri ile karşı karşıya kaldı (Bogdetsky ve ark., 2001). En büyük problemlerden biri, yerleşim alanlarına yakın olan ve yaygın kirlenme tehdidini taşıyan şuan faaliyet göstermeyen fabrikaların atık depo bölgelerinden kaynaklanmaktadır. 1994 yılında ilk defa yapılan atık depose ve döküm alanı denetimi, 44 atık deposu ve 63 döküm alanının varlığını ortaya çıkarmıştır. Bunların çoğunluğu polimer filmi bulunmayan kil yatakları ile izole edilmiş ve ağır metallerin toksit tuzlarını, civa, kurşun, kadmiyum, arsenik, flotasyon reaktifleri, zift ve silikat tozu ve diğer toksik bileşikler ihtiva etmektedir (Bogdetsky ve ark., 2001). 50 m<sup>2</sup>'lik bir hacimde, toplam 3.5 milyon m<sup>2</sup>'lik alanı kaplayan 30 atık barajı, radyoaktif atıklar ile doldurulmuştur. Atık depoları yarım metrelik kil materyal ile kapatılmıştır fakat sel yüzünden sık sık bu materyel yok olmuştur. 1950'den bu yana eski Sovyetler Birliği'ne radyoaktif hammadde tedarik etmiş olan Kırgızistan için radyasyon güvenliği en önemli kilit sorunlardan biridir (Bogdetsky ve ark., 2001).

Son yüzyılda Kırgızistan toprakları SSCB için özellikle radyum, uranyum ve az bulunan bazı elementler gibi en önemli maden ve hammadde kaynaklarının sağlandığı bölgelerden biri olmuştur. Fergan vadisindeki dağlarda tespit edilen radyoaktif uranyum ve radyum minerallerinin ilk bulguları, XIX. Yüzyılın sonundaki gerçekleşmiştir (Aleshin ve ark., 2000). Benzer mineraller, Osh şehrinin 30 km güney batısında yer alan Teo - Moyunsky madeninde de tespit edilmiştir (Torgoev ve Aleshin, 2001). 1907-1913 yılları arasında, bu uranyum-radyum yatağından 820 000 kg cevher çıkarılmış ve bu cevherin 655 000 kg'su St. Petersburg şehrine getirilmiştir. Teo-Moyunsky madeni bir yeraltı madeni idi ve kapanış anında derinliği 220 m'den fazlaydı (Torgoev ve Aleshin, 2001). 20. yüzyılın 1940'larında atom enerji tekniklerinin pratik olarak uygulanması çoğunlukla askeri amaçlarla yönelik olarak uranyum endüstrisinin çok gelişmesini sağladı. Bu tarihlerde Shekaftar, Kyzyl-Jar, Mayly Suu, Rishtan ve diğer bölgelerde 10 uranyum yatağı Kırgızistan'da Fergana vadisinin kuzeyindeki alanda faaliyete geçmiştir.



Büyük uranyum yatağının endüstriyel işletmi Mayly Suu'da 1945 yılında başlamıştır. Askeri amaçlar için ilk sovyet uranyum üretimi 1947'de çok kısa sürede inşa edilen Lenynabad (Ferghansky) kimyasal tesisinde gerçekleşmiştir ve Mayly Suu ve TeoMounsky madenleri, bu kompleksin bir parçası olarak işletilmiştir. Mayly Suu'daki hidro çelik tesisi de dahil olmak üzere bu bölgede yer alan işletmeler, Doğu Almanya (Erzgebirge), Çekhoslovakya (Yakhimov), Bulgaristan (Bukhovo) ve Tacikistan (Taboshar, Adrasman)'dan gelen cevherleri 1950 yılının ortalarına kadar işlemişlerdir. Uranyumun yaklaşık % 75'i Eski Alman Demokratik Cumhuriyeti'nden getirilmiştir (Torgoev ve Aleshin, 2001). 1950'li yılların başında Myn Kush ve Kadjy-Say'da uranyum madenciliği başladı. 1951'de Kırgızistan'ın kuzeyinde bulunan Karabaltynsky kaya fabrikası SSCB'nin en büyük fabrikası olarak faaliyete geçmiştir. 1950'li yılların ortalarında Kırgızistan, eski SSCB'nin en büyük uranyum üreticilerinden biri haline gelmiştir. Şu bilinmelidir ki Kırgızistan'da, uranyum, Issyk-Kul gölündeki geri kazanma da dahil olmak üzere bilinen tüm teknolojiler kullanılarak gerçekleştirildiği belirtilmelidir (Torgoev ve Aleshin, 2001). Bu faaliyetlerin sonucunda Kırgızistan'ın çeşitli bölgelerinde toplam 6 500 000 m<sup>2</sup> ve 50 000 000 m<sup>3</sup> atık içeren 30 atık bölgesi bulunmaktadır. Madencilik sonucunda toplam 230 000 m<sup>2</sup>'lik bir alana sahip 25 atık döküm bölgesi ve 4 000 000 m<sup>3</sup> kaya ve ham uranyum ortaya çıkmıştır (Torgoev ve Aleshin, 2001). Kırgızistan'daki uranyum madenciliği ve işleme alanlarındaki modern jeo-ekolojik durum analizi, madenlerin ve atıkların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin 2 önemli biçimde ortaya çıkabileceğini göstermektedir: Bölgesel ve küresel nitelikte olumsuz ekolojik sonuçlar doğuran tehlikeli doğal ve jeoteknik süreçlerin (heyelan, çamurluk, atık depolama alanındaki kazalar) uyarılması ve çevrenin ve özellikle hidrosferin radyo-nüklidler ve toksik bileşenler tarafından kontaminasyonu. Uranyum madenlerinin sayısı, toplam uranyum atık miktarı ve atık bölgelerinin büyüklüğü gözönüne alındığında dünyanın diğer bölgeleri ile karşılaştırıldığında dağlık arazinin doğal olgusu, karakteri, uranyum sanayi ürünlerinin çevre üzerindeki etkisinin büyüklüğü nedenlerinden dolayı Kırgızistan'daki tahribat çok daha yüksektir. Madencilik için olumsuz faktörler arasında karmaşık dağlık arazi, yüksek sismik ve tektonik aktivite, yamaçların dengesizliği, dağlarda meydana gelen yıkıcı doğal süreçlerin çeşitliliği ve şiddeti (erozyon, heyelan, çamurlu akıntılar, iklim değişikliği vb.) ve özellikle madencilik faaliyetleri sırasında dağlık bölgelerin jeoteknik faktörler

tarafından yüksek oranda tahrip edilmesi sayılabilir (Torgoev ve Aleshin, 2001). Kırgızistan tarihinde uranyum da dahil olmak üzere madencilik, öğütme ve işleme konusunda uzun zamandır süren süreçte, yukarıda belirtilen faktörlerin ve süreçlerin kombinasyonunun bölgesel ve global ölçekte kazaların nedeni olduğu sıklıkla görülmüştür. Bu tür felaketlerin yüksek ihtimalle ortaya çıkmasının sebebi, çoğunluğunun dengesiz dağ yamaçları ve radyoaktif boşaltım alanlarının uygun yerler olmadığı için nehir yataklarının olduğu bölgelerde bulunması ile bağlantılı olduğudur.

1958 nisan ayında bir deprem ve şiddetli yağışlar sonrasında Mayly Suu nehrinden sadece 30 metre uzaklıkta inşa edilen Mayly Suu'daki 7 numaralı atık bölgesinin zayıf barajı çöktü ve 600 000 m<sup>3</sup> atık (toplam hacmin yaklaşık % 50'si) nehre dökülmüştür. Radyoaktif çamur akışı kasabadaki bir çok evi yok ederek birçok insanın ölümüne sebep olmuş ve atıklar nehir boyunca 40 km dağılmış ve taşkın ovaları kirletmiştir. Tarım alanlarının temizlenmesi uzun yıllar sürmüştür. Bu gibi kazalar Kırgızistan'daki diğer atık bölgelerinde de gerçekleşmiştir (Torgoev ve Aleshin, 2001). Radyoaktif mineral madenciliği ve cevher işleme alanlarındaki jeo-ekolojik ve radyolojik risklerin değerlendirilmesi, Myn Kush, Kadjy Say, Ak Tuz ve Mayly Suu'da olduğu gibi özellikle deprem, heyelan, aşırı yağışlar sırasında radyoaktif atıkların depolanma riskinin yüksek olduğunu göstermektedir (Torgoev ve Aleshin, 2001). 1953-1954 yılları arasında Mayly Suu bölgesindeki yeraltı işleri, madencilik yapı inşaatları ve altyapı çalışmaları hızla ilerlerken heyelanlar meydana gelmiştir. Heyelanların büyük kısmı maden etrafındaki 30 - 40 m derinliğe kadar olan yeraltı boşlukları ve dengesiz dağlık yüzeyler sebebi ile ve bu yerlerde kurulu maden boşaltım alanlarında meydana gelmiştir. Şehrin içinde 50'den fazla farklı aktif heyelan olayı gözlenmiştir (Torgoev ve ark., 2001). Mayly Suu'da meydana gelen 1 milyon m<sup>3</sup>'den (Tektonik, Koy-Tash ve diğerleri) fazla hacim içeren heyelanların en büyükleri yüzey yamaçlarda meydana gelmiştir. Yeraltı sularının yüksek seviyede bulunması nedeniyle (1,5-5,0 m) yoğun yağış olaylarına bağlı olarak heyelan süreçleri her yıl gerçekleşmektedir. Bazı büyük heyelanların yalnızca yaşam alanları için değil aynı zamanda atıklar için de tehlikeli olması nedeniyle Mayly Suu'daki durum daha da kötüdür (Torgoev ve Aleshin, 2001). Radyoaktif atık boşaltım alanlarının (3, 5, 7, 8 ve 9 nolu) yıkımı neticesinde atık materyalin nehre ve oradanda etrafa yayılması Kırgızistan ve Özbekistan'daki yoğun yerleşim gösteren alanların muhtemel radyoaktif kontaminasyonu ekolojik felaketlere

neden olabilir. Bir örnek olarak 3 numaralı atık bölgesinde yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı özellikle bu bölgenin göl ve nehirlerle yakın konumda bulunması ve atık bölgesinin zayıf geoteknik yapı, hidro-izolasyonun olmaması ve koruyucu yapıların bozulması nedeni ile ekolojik felaketlerin olabileceği öngörülmektedir. Özellikle II. Dünya Savaşından sonraki dönemlerde, 1946-1955 yılları arasında kurulan uranyum madeninin çıkarılması sonucunda oluşturulan maden atık bölgelerinde ekolojik tehlike gözardı edilmiş ve bugün çok ciddi hataların yapıldığı kabul edilmektedir (Torgoev ve Aleshin, 2001). Mayly Suu'daki uranyum üretim tesisi bir örnek olarak gösterilebilir. Özbekistan sınırından yaklaşık 30 km uzaklıktaki Mayly Suu nehrinin geçtiği vadide, radyoaktif atık 23 maden depolama ve 13 atık bölgesinde tutulmuştur. Toplam radyoaktif atık miktarı 2 milyon m<sup>3</sup> ve toplam aktivite 50 000 Ku idi. Yapılan araştırmalar, zayıf baraj inşaatları, atıkların yüksek su içeriği ve güvenilir olmayan hidro-izolasyona sahip Myly Suu nehir yatağında bulunan bazı atık depoları (3, 5, 7, 8, 9, 10 ve 18) nedeniyle nehrin sistematik radyoaktif kontaminasyona maruz kaldığı tespit edilmiştir (Torgoev ve Aleshin, 2001). Sudaki uranyum konsantrasyonları normalde olması gerekenden çok daha yüksek bulunmuştur. Madanyat köyünden 30 km uzaklıktaki maden depolama bölgesinde nehir suyundaki uranyum konsantrasyonun normalden 10-15 katı daha yüksek olduğu görülmüştür (Aleshin ve ark., 2000). Çoğu durumda, atık depolarından çıkan sızıntı suyu yeraltı sularına karışır. Buna, Kara Balta'daki uranyum depolama bölgesi örnek gösterilebilir. (Torgoev ve Aleshin 2001). Güçlü havalandırma alanına rağmen (85 m'ye kadar) yeraltı suları, yüksek seviyede sülfatlar, nitratlar ve ağır metallerle kirlenmiştir. Kirlenmiş bölgelerde, sülfat ve nitrat konsantrasyonları normalin 5-8 katı fazladır. Yoğun bir kontaminasyon zonu, maden depo bölgesinden 15 km uzağına ve 100-120 m derinliğe kadar yayılmıştır. Yoğun kirlilik zonu, yeraltı suları örneklerine dayanılarak 1999'da belirlenmiştir. Atık bölgesinde yüzeyde açılan kuyucuklardan alınan yeraltı sularında uranyum konsantrasyonu 0.008 mg/l ve derin kısımlarda açılan kuyucuklardan alınan yeraltı sularında uranyum konsantrasyonunun 0.30 mg/l kadar olduğu bulunmuştur (Torgoev ve Aleshin, 2001). 1948-1966 döneminde Kadjy Say'ın çevresinde uranyum içeren kömür çıkarılarak uranyum oksit (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) elde edildi. Fabrikanın işletilmesi sırasında sıvı hale getirildikten sonra 400 000 m<sup>3</sup> atık maden depolama bölgesine gömüldü. Maden atık deposesi dağlık göl Issyk Kul alanının 1.5 km uzağında bulunur. Kozmik ışınlardan

gelen gama radyasyonu, göl yüksekliğinde (1608 m) 0.466 mSv/a'dır. Issyk Kul bölgesinde doğal kaynaklardan gelen ortalama radyasyon miktarı 1.726 mSv/a'dır. Bu bize elde edilen değerin normal değerden 5 mSv/a daha küçük olduğunu göstermektedir (Mylius, 1997). Sızan suyun maden depolama bölgesinden göle doğru gitmesi muhtemeldir. Bununla birlikte, bunu izlemek için hiçbir çalışma mevcut değildir. Ortalama olarak, Issyk Kul'un göl suyu %  $3.0 \cdot 10^6$  uranyum içermekte olup, bu mitar okyanus suyundan ( $10^{-7}$  %) daha büyüktür. 1997'de, Hannoverdeki Alman Federal Geosciences Enstitüsü (BGR) uzmanları, Kırgızistanlı uzmanlarla birlikte Issyk Kul Gölü çevresinde 680 bölgede radyasyon seviye ölçümlerini gerçekleştirdiler. Bu ölçümler, ortalama toprak gama ışınımının yaklaşık 1.26 mSv/a olduğunu, ölçülen verilerin % 66'sının bundan daha düşük olduğunu, ölçümlerin % 28'inin ise 1.26-1.77 mSv/a arasında olduğunu göstermektedir. Yüksek değerlikli ölçümler (% 6) Kadjy Say uranyum madencilik bölgesinde tespit edilmiştir (Torgoev ve Aleshin, 2001).

## **2.6. Eski Sovyetler Birliği döneminden kalan Kaji-Sai radyoaktif materyal işleme tesisi ve atık alanı**

Kırgızistan, doğal kaynaklara sahip topraklarının çoğu dağlık, sıkışık araziye sahip bir ülkedir. Kırgızistan'daki çevre sorunları ağırlıklı olarak büyük ölçekli altın-uranyum madenciliğinden kaynaklanır. Uranyum madenciliği, ağır metaller ve civa ve geçmişteki madencilik atıklarının depolanması Kırgızistan'daki temel çevre sorunlarının başında gelir. Geçmişte Rus nükleer enerji santrallerinde kullanılan uranyum Kırgızistan'dan karşılanmış ve ülkede bu yüzden en az 50 tane terk edilmiş uranyum maden bölgesi vardır (Angelini, 2010). Issyk-Kul havzasının jeokimyasal durumu doğal uranyumun biyojeokimyasal sahası olarak tanımlanmasına sebep olmuştur. Buna insan etkisinde eklenecek olursa daha önceki mevcut madencilik ve uranyum cevheri işleme gerçekleştirilen alanlarda radyonüklidlerin olması gerekenden daha yoğun olarak bu bölgelerde ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Angelini, 2010).

Kırgızistan, Avrasya'nın merkezinde yer alır ve Çin, Kazakistan, Özbekistan ve Tacikistan ile sınırları vardır. Toplam alanı 198 000 km<sup>2</sup> 'dir (Bogdetsky ve ark., 2001). Kırgız Cumhuriyetinde bulunan Isık Gölü, dünyanın en büyük ikinci yüksek irtifalı gölüdür ve ülkenin en önemli biyolojik ve ekonomik kaynaklarından biridir. Deniz

seviyesinden 1200 metre yukarıda olan göller arasında, Isık gölü, bölgede Titicaca gölünden sonra ikinci sırada gelir (Baetov, 2006). 43144 km<sup>2</sup>'lik alanı kaplayan Isık gölü oblastının yarısını oluşturan ve 22080 km<sup>2</sup>'yi bulan büyüklüğü ile Isık Gölü havzası, Kırgız Cumhuriyeti'nin en önemli doğal alanlarından biridir veya 43144 km<sup>2</sup>'lik alanı kaplayan Issyk-kul oblasti alanının yaklaşık yarısıdır. Isık Gölü oblastı 41°08' ve 42°59' N enlemleri ve 75°38' ve 80°18' E boylamları arasında yer alır. Isık Gölü havzası, Kuzey Tien-Shan olarak bilinen coğrafi bölge arasında uzanır ve kuzeyde Kungei-Alatau dağ zinciri ve güneyde Teskei-Alatau dağ zinciri ile çerçevelenmiş kapalı bir göl olan Isık Göl havzası benzersiz bir topografyaya sahiptir. Göl çevreleyen dağ silsilesi batıda içerisinde Chu nehrinin aktığı dar bir boğazla kesintiye uğrar. Chu sadece dört km'lik bir kısım ile göle akar ve göle kutemalda kanalı ile bağlanır. Isık gölünün en uzun noktası 180 km ve en geniş yeri 60 km'dir. Ortalama derinliği 280 m olan gölün en derin noktası 668 m ve bütün toplam alanı 6236 km<sup>2</sup>'dir. Gölün yaklaşık 38%'lik kısmının derinliği 100 m'nin altındadır ve bu kısım organik yaşam formları tarafından yoğun bir şekilde işgal edilen alanlardır. Gölün bütün su hacmi 1738 km<sup>3</sup>'tür ve gölün çevresi toplam 688 km'dir. Su seviyesi sezona göre değişiklik gösterir (Baetov, 2006). En büyüklerinin adları Djyrgalan ve Tyup olan yaklaşık 118 nehir ve dere, göle akar. Göl, birçok su kaplıcaları ve eriyen kar ile beslenir. Göl suyunun tuzluluk derecesi yaklaşık olarak % 0.6 (ortalama deniz suyu % 3,5'lük tuzluluğa sahiptir)'dir ve gölün su seviyesi her sene 5 cm düşmektedir. Yönetimsel olarak, göl ve çevresi, Kırgızistan'ın Issyk-Kul Bölgesi içerisinde yer alır (Wikipedia, 2017).

Isık gölün üzeri asla donmaz ve bu yüzden biyoçeşitliliğin korunmasında gölün özel bir rolü vardır. Göl, güz ve kış dönemlerinde su ve kıyı kuşları için bir cennettir. Kış periyodunda göl üzerinde herhangi bir zaman aralığında 30-35 türe ait 50000 ile 80000 arasında kuş bulunur. Göl aynı zamanda göç eden kuşlar içinde bir dinlenme ve beslenme alanı olduğundan önem taşımaktadır. Göl, bu yüzden 1975 yılında uluslararası önemli sulak alanlar listesine dahil edilmesine rağmen eski Sovyetler Birliğinin dağılması ile birlikte geçersiz hale gelmiş ve ancak yeni bağımsız Kırgız Cumhuriyetinin kurulması ile birlikte 2003 yılında tekrar korunma kapsamına alınmıştır (Baetov, 2006).

Isık göl bölgesinin yoğun olarak kullanımı şüphe bırakmayacak şekilde gölün kendine has doğal yapısı üzerine etkileri olmuştur. Uzun dönemde ortaya çıkan geri dönüşümü olmayan proseslerin sonuçları gözlenmektedir. Kendine özgü ephedra, barberry ve buckthorn çalılıklarını da içeren belli türlerin yok oluşu ve doğal yapının bozulduğu sağlam bilgiler vardır (Baetov, 2006). Özellikle çok geniş ölçekli gerçekleştirilen maden çıkarma operasyonları, tarımsal uygulamalardan ve kanunsuz zehirli kimyasalların depolanması veya atılmasından ortaya çıkan kirlilik, arazi, toprak ve su tablasının yıkımını da içeren çeşitli problemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Baetov, 2006). Özellikle gölün radyoaktif kontaminasyonu potansiyel olarak çok büyük bir problem oluşturmaktadır. Uranyum-karbon atık gömüleri belki gölü kontamine etmektedir ve eski Kırgız Cumhuriyeti Başkanı Askar Akayev, Isık gölünün güney sahilinde yer alan Kaji-Sai atık döküm noktasının arazi temizliğinin hızlandırılmasına ihtiyaç olduğunu belirtmiştir (BBC News, 2004). Daha önceden Kırgız gazetelerinde çıkan Acil Durumlar ve Sivil Savunma Bakanlığına dayandırılan uyarı haberlerinde eğer önlem alınmazsa aşırı yağmurlar vasıtası ile radyoaktif partiküllerin Isık gölü tabanına taşınabileceğinden bahsetmiş ama bu konu hakkında herhangi bir önlem alınmamıştır (Baetov, 2006).

İşlenmiş uranyum bölgesi, Kaji-Say, Issyk-Kul Gölü'nün güney kıyısındaki Bişkek'e 270 km uzaklıktaki Ton bölgesinde yer almaktadır. Kaji-Sai uranyumlu kömür yatağı, 1948 yılında keşfedilmiştir. Kaji-Sai bölgesi, güney sahilinden yaklaşık 2.5 km uzaklıkta ve göl seviyesinden yaklaşık 180 m (deniz seviyesinden 1980 m) yukarıda yer almaktadır. Kömür madenine yakın bir yerde bir uranyum madeni ve bir kömürle çalışan termik santral kuruldu. Kömür küllerden gelen uranyumun işlenmesi için 1967'ye kadar çalışan tesis, Kaji-Sai bölgesine yaklaşık  $150-400 \times 10^3 \text{ m}^3$  radyoaktif kül bırakmıştır. Tesisin hizmet dışı bırakılması 1961 yılında başlamıştır. Uranyum madenciliği sonucu oluşan kül birikimi endüstriyel ekipmanlarla birlikte maden atık bölgesine ( $10800 \text{ m}^2$ 'lik bir alan) 6 m kalınlığında tabaka ile örtülerek gömülmüştür. Şu anda, atıkların gömüldüğü maden deposunun bentleri doğal ve antropojenik etkilerin baskısı altında yavaş yavaş yok olmaktadır. Kaji-Sai'da bulunan eski madendeki atık deposu erozyon selleri ve çamur akışlarına maruz kaldığından radyoaktif materyalin yüzeye çıkması sözkonusudur.

### **2.6.1. Kaji-Sai'da, çevresel problemler**

Kaji-Sai yerleşim bölgesinde bulunan atık alanı, Isık-Kul Gölü'ne çok yakın bir konumdadır ve atık alanında atık çukurlarında yaklaşık 600.000 ton atık depolanmıştır. Atık bölgesindeki radyasyon sızıntısı 500 mR/h e kadar çıkmaktadır. Atıkların gömülü olduğu alan korumasızdır ve ciddi bir bakım eksikliği bulunmaktadır. Eğer radyoaktif atık bölgesinde sızıntı sözkonusu ise Issyk-Kul Gölü kirlenecektir ve dünyanın en güzel yerlerinden bir tanesi, sağlık kaynağı yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalacaktır. Bu alan, her yıl dünyanın çeşitli yerlerinden gelen yaklaşık yarım milyondan fazla kişiyi ağırlamaktadır. Ayrıca, gölü çevreleyen kasaba ve köylerde 400.000'den fazla insan yaşamaktadır. Isık-Kul Gölü, büyük bir çevresel tehdit altındadır. Atık alanlarının rehabilite etmek için acil önlemler alınmazsa, göle akacak olan 600.000 m<sup>3</sup>'ten fazla radyoaktif materyal bir çevresel felaketin ortaya çıkmasına neden olabilir. Böyle bir felaket, Kaji-Sai alanının çevresindeki yüksek seviyedeki sismik faaliyetler neticesinde ortaya çıkabilir. Isık-Kul Gölü, Ton bölgesinde bulunan Kaji Sai'deki alan, bu bölgede yaşayan insanların hem günlük hem de potansiyel olarak riske maruz kalması nedeniyle ekolojik olarak olumsuz bir tablo oluşturmaktadır. Doğal süreçlerle ilintili olarak bölgede bulunan nehir vadi içerisinde buzullarla beslendiklerinde dolayı tehlike oluşturmaktadır ki son yıllarda küresel ısınmanın etkisi ile buzul gölleri olan 3 göl (Tuiyk-Tor, Keltor, Korumdy) ısınmanın etkisi ile potansiyel bir tehlike oluşturmaktadır. Göller, ısınmanın etkisi ile nehir kanalı boyunca yüksek miktarda su boşalmasına sebep (2335 m<sup>2</sup>/sn. seviyesinde) olabilir (Tynybekov ve Emil kızı Ainura, 2002). Kanalin yakınında yaşayanlar için bu tehlike arz etmektedir. Djete-Ogyz ve Ton bölgelerinin sismik tehlike analizi bize Ton bölgesinin oldukça yüksek risk taşıdığını göstermiştir. Ton bölgesinde, 7 yerleşim (Kaji-Sai, Bokonbaevo vb.) yeri bulunduğu ve 22 bin kişinin yaşadığı 3170 bina vardır (Tynybekov ve ark., 2001). Şu anda, atıkların gömüldüğü alandaki bentler doğal ve antropojenik etkilerin baskısı altında yavaş yavaş yok olmaktadır. Kaji-Sai'da bulunan eski madendeki atık deposu erozyon selleri ve çamur akışlarına maruz kaldığından radyoaktif materyalin yüzeye çıkması sözkonusudur. Çevrenin jeokimyasal şartlarına bağlı olarak yoğun miktarda radyonüklit içeren alanda yaşayan canlı organizmaların biyolojik tepkileri açıkça görülmektedir. Farklı sayıda yaprak, çiçek veya polen tanelerinin infertilite ve sterilitesi gibi yabancı bitkilerde görülen morfolojik değişimlerin seviyesi ve atık maden bölgesinde yaşayan *Artemisia dracunculus* ve *Peganum harmala* gibi bazı bitki türlerinde ve hatta *Microtus*

*arvalis* ve *Mus musculus* gibi küçük kemirgenlerde radyonüklitlerin akümülyasyonu sonucu oluşan sitogenetik anormalliklerin seviyesinin arttığı gözlenmiştir (Djenbaev ve ark., 2012). Bir kaza sonucu yaklaşık 2 tona yakın uranyum 1998'de Barssikon Nehri'ne ve ardından ikinci en büyük dağ gölü olan Isık-Kul suyuna karışmıştır. Bu olaydan sonra Kırgızistan tarafından Ulusal Çevre Eylem Planı kabul edilmiştir (Angelini, 2010).

## 4. BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 4.1. Çalışma alanı

Geçmişte Sovyetler Birliği nükleer enerji santrallerinde kullanılan uranyum, Kırgızistan'dan karşılanmış ve ülkede bu yüzden en az 50 tane terk edilmiş uranyum maden bölgesi vardır (Angelini, 2010). Isık Gölü, dünyanın en büyük ikinci yüksek irtifalı gölüdür ve ülkenin en önemli biyolojik ve ekonomik kaynaklarından biridir. Deniz seviyesinden 1200 metre yukarıda olan göller arasında, Isık gölü, bölgede Titicaca gölünden sonra ikinci sırada gelir (Baetov, 2006). 43144 km<sup>2</sup>'lik alanı kaplayan Isık gölü oblastının yarısını oluşturan ve 22080 km<sup>2</sup>'yi bulan büyüklüğü ile Isık Gölü havzası, Kırgız Cumhuriyeti'nin en önemli doğal alanlarından biridir veya 43144 km<sup>2</sup>'lik alanı kaplayan ıssyk-kul oblasti alanının yaklaşık yarısıdır. Isık Gölü oblastı 41°08' ve 42°59' N enlemleri ve 75°38' ve 80°18' E boylamları arasında yer alır (Baetov, 2006). Isık Gölü havzası, Kuzey Tien-Shan olarak bilinen coğrafi bölge arasında uzanır ve kuzeyde Kungei-Alatau dağ zinciri ve güneyde Teskei-Alatau dağ zinciri ile çerçevesiz kapalı bir göl olan Isık Göl havzası benzersiz bir topografyaya sahiptir. Göl çevreleyen dağ silsilesi batıda içerisinden Chu nehrinin aktığı dar bir boğazla kesintiye uğrar. Chu sadece dört km'lik bir kısım ile göle akar ve göle kutemalda kanalı ile bağlanır. Isık gölünün en uzun noktası 180 km ve en geniş yeri 60 km'dir. Ortalama derinliği 280 m olan gölün en derin noktası 668 m ve bütün toplam alanı 6236 km<sup>2</sup>'dir. Gölün yaklaşık 38%'lik kısmının derinliği 100 m'nin altındadır ve bu kısım organik yaşam formları tarafından yoğun bir şekilde işgal edilen alanlarıdır. Gölün bütün su hacmi 1738 km<sup>3</sup>'tür ve gölün çevresi toplam 688 km'dir (Baetov,



2006). En büyüklerinin adları Djyrgalan ve Tyup olan yaklaşık 118 nehir ve dere, göle akar. Göl, birçok su kaplıcaları ve eriyen kar ile beslenir (Wikipedia, 2017).

İşlenmiş uranyum bölgesi, Kaji-Say, Issyk-Kul Gölü'nün güney kıyısındaki Bişkek'e 270 km uzaklıktaki Ton bölgesinde yer almaktadır. Kaji-Say bölgesi, güney sahilden yaklaşık 2.5 km uzaklıkta ve göl seviyesinden yaklaşık 180 m (deniz seviyesinden 1980 m) yukarıda yer almaktadır. Kömür madenine yakın bir yerde bir uranyum madeni ve bir kömürle çalışan termik santral kuruldu. Kömür küllerden gelen uranyumun işlenmesi için 1967'ye kadar çalışan tesis, Kaji-Say bölgesine yaklaşık 150–400 x 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> radyoaktif kül bırakmıştır. Tesisin hizmet dışı bırakılması 1961 yılında başlamıştır. Uranyum madenciliği sonucu oluşan kül birikimi endüstriyel ekipmanlarla birlikte maden atık bölgesine (10800 m<sup>2</sup>'lik bir alan) 6 m kalınlığında tabaka ile örtülerek gömülmüştür. Şu anda, atıkların gömüldüğü maden deposunun bentleri doğal ve antropojenik etkilerin baskısı altında yavaş yavaş yok olmaktadır. Kaji-Say'da bulunan eski madendeki atık deposu erozyon selleri ve çamur akışlarına maruz kaldığından radyoaktif materyalin yüzeye çıkması söz konusudur.



**Şekil 1.** Isık gölü, Ton bölgesi, Kaji-Say köyü (Fotoğraf Google Earth Programı kullanılarak alınmıştır, 2018)



**Şekil 2.** Isık gölünün Ton bölgesi Kaji-Say köyündeki eski uranyum depolama alanı ve uranyum işleme tesisinin görüntüleri





**Şekil 3.** Bitki örneklerinin toplandığı Isık gölünün Ton bölgesi Kaji-Say köyündeki eski uranyum depolama alanı ve uranyum işleme tesisinin birkaç uydu görüntüsü (Fotoğraflar Google Earth Programı kullanılarak alınmıştır, 2018)

### **3.2. Çalışma alanında radyasyon oranlarının belirlenmesi**

Bu çalışma Isık Gölü, Ton Bölgesi, Kaji-Say köyünde bulunan Sovyetler Birliği döneminden kalma eski uranyum atık deposunun radyoekolojik yapısının değerlendirilmesine yönelik olarak yapılmıştır. Araştırmada, radyoaktivitenin belirlenmesi için kullanılan ekipman Dozimetre SRP 68-01'dir. Lokaliteler (atık deposunun bulunduğu ve çevresindeki bölge) GPS cihazından (Garmin, eTrex, 12

Channel Handheld) yararlanılarak yükselti ve koordinatları ile birlikte tespit edilmiştir. Çalışma bölgesindeki radyoaktivite taraması ekipmanı üreten firmanın talimatlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler mR/h (mikroröntgen/saat) cinsinden gerçekleştirilmiştir. Şekil 3'te de gösterilen alanlarda toplamda 5 istasyonda radyoaktif tarama yapılmıştır. Her istasyonda istatistiksel açıdan değerlendirme yapabilmek için en az 3 okuma gerçekleştirilmiştir. İstasyonlar (Şekil 3) sırası ile: 1. istasyon, eski uranyum atık deposunun bulunduğu mevkide; 2. istasyon, eski uranyum işleme tesisinin bulunduğu mevkide; 3. ve 4. istasyonlar, eski uranyum atık deposunun bulunduğu mevkiden göl istikametinde uzaklaşacak şekilde ölçüm yapılan alanlar; ve 5. istasyon, kontrol noktası olarak seçilen ve eski uranyum atık deposunun bulunduğu 1. istasyondan 5,3 km ötede bulunan alandır.

### 3.3. Çalışmada kullanılan bitki türü

#### 3.3.1. *Artemisia dracuncululus*

**A**

Kingdom **Plantae** - Plants

Subkingdom **Tracheobionta** – Vascular  
Plants

Superdivision **Spermatophyta** – Seed  
Plants

Division **Magnoliophyta** - Flowering  
Plants

Class **Magnoliopsida** - Dicotyledons

Subclass **Asteridae**

Order **Asterales**

Family **Asteraceae / Compositae**

Genus ***Artemisia* L.**

**B**



Species *Artemisia dracunculus*

L.



**Şekil 4.** A) *A. dracunculus* – Sınıflandırma, B) *A. dracunculus* - Genel Görünüş, C) *A. dracunculus* – Çizimi ve D) *A. dracunculus* – Herbaryum Görüntüsü

Asteraceae familyası bitki türlerinden birisi olan *A. dracunculus* L., çok yıllık çalimsı bir bitkidir. Boyu 120–150 cm, yaprakları 2–8 cm uzunluğunda ve 2–10 mm genişliğindedir. Yaprak altında bulunan yağ bezeleri biberimsi acı tadı olan, güzel bir koku yayar (Didem Türközü ve ark., (2014)). İştah açıcı olarak, hazmettirici, barsak gazlarını giderici, romatizma engelleyici kürlerde ve diş ağrısını gidermede kullanıldığı bilinmektedir. Antioksidant ve antifungal özellikleri sayesinde gıdaların saklanmasında yararlanılmaktadır. Kökeni Orta Asya veya Sibiryaya olup, buradan tüm Avrasya'ya yayılmıştır (Gülpınar, 2012).

### 3.3.2. Bitki örneklerinin toplanması

Çalışmada, Kırgızistan'ın Isık-Kul Gölünün güney kıyısındaki Kaji-Say bölgesinde bulunan uranium atık deposunun bulunduğu bölge ve civarından *A. dracunculus* bitki (yaprak, gövde ve kök) ve bitkilerle birlikte aynı zamanda toprak örnekleride alınmıştır. Lokaliteler (atık deposunun bulunduğu ve çevresindeki bölge) GPS cihazından (Garmin, eTrex, 12 Channel Handheld) yararlanılarak yükselti ve koordinatları ile birlikte tespit edilmiş ve aynı zamanda bitki fotoğraflarla belgelenmiştir. Kontrol bölgesi olarak atık deposunun yaklaşık 5.3 km uzağındaki bir bölge seçilmiştir. Kontrol bölgesinin dışında atık bölgesi ve atık bölgesine yakın 4 lokaliteden de (göreceli olarak atık deposu ve atık deposundan uzaklaşacak şekilde) örnekler toplanmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı olması için 5 farklı lokaliteden 3'er örnek (yaprak, gövde ve kök olarak) alınmıştır. Daha sonra yapılacak olan çalışmalarda kontrol ve çalışma gruplarına ait aynı bireyler kullanılacaktır.



**Şekil 5.** Çalışma bölgesinden çekilmiş çalışma materyaline (*A. dracunculus*) ait fotoğraflar **3.3.3. ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry - İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi) kullanılarak çalışma materyali bitkideki uranyum, ağır metal ve mineral element içeriklerinin tayini**

Son yıllarda çevresel kirliliği gözlemleyebilecek biyolojik monitörlerle yapılan araştırma metodları geliştirilmiştir (Osman ve Kloas, 2010). Bu çalışmada *A. dracunculus* bitkisi Kırgızistan'ın Isık-Kul Gölünün güney kıyısındaki Kaji-Say bölgesinde bulunan uranyum atık deposunun sebep olduğu muhtemel radyoaktif ve ağır



metal kirliliğinin boyutlarının ve canlı sistemlerin bu çevresel kirlilikten nasıl etkilendiğinin tespitini yapabilmek için çalışma materyali olarak seçilmiştir ve 2017 vejetasyonuna ait bu bitkinin çeşitli kısımları (yaprak, gövde ve kök örnekleri) ve herbir lokasyon için bitkilere ait toprak örnekleri bu çalışmada tespit için kullanılmıştır. Seçilen bitkinin çeşitli organlarının (yaprak, gövde ve kök) ağır metal kirliliği için biyomonitör olarak kullanılabilirliğini belirlemek, bu çevresel kirliliğin sınır ve boyutlarını nümerik olarak saptamak, çevresel kirlilik kaynağı ile örnek alınan bitkilerin kirlilik kaynaklarına uzaklığının önemini araştırmak için Kaji-Say'da bulunan uranium atık deposunun bulunduğu bölge ve civarından, uranyum ve diğer elementlerin obje bitkide neden olduğu kirlilik boyutu ve dağılımını tespit etmek bu tezin hedefini oluşturmaktadır. Bu amaçla, toplanan bitki ve toprak örneklerinin içerdiği uranyum başta olmak üzere bazı ağır metal ve bitki makro ve mikroelementlerinin (Al, Ca, Cd, Cr, Fe, K, Mg, Ni, Pb, U and Zn) içerik tayin işlemleri, laboratuvarında bulunan ICP-MS cihazı kullanılarak yapılmıştır. ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry-İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi) cihazının temel özellikleri aşağıdaki gibidir.

Spektroskopi, ışının madde ile etkileşimini inceler. Spektrometre ise özellikle elektromanyetik ışın şiddetinin çeşitli detektörlerle ölçülmesini ifade eder (Eroğlu ve Aksoy, 2003). Son yıllarda, analiz için örneklerin atomlaştırılması ve oluşan atomların uyarılması amacıyla kullanılan, elektriksel boşalımına dayanan Atomik emisyon spektroskopisi, yerini plazmalara bırakmıştır. ICP tekniğindeki plazma argon gazı ile oluşturulur. ICP torch'u üç kuartz tüpten oluşur. Çoğunlukla argon olan inert bir gaz tübe doğru akar. Bu akıcı gaz plazmayı destekleyen gaz olarak ve kuartz tüp için bir soğutucu görevi yapar. Plazma elektromanyetik olarak, argon gazının indüksiyon sarımlarında bir radyo frekans jeneratörünün etkileşmesi ile elde edilir. Radyo indüksiyon jeneratörünün gücü 27 veya 41 Mhz de 0.5-2 kw'tır. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması, bir elektron kaynağı ile sağlanır ve argon atomları ile çarpışırlar böylece argon iyonları daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlar. Bu etkileşim sonucunda iyonlar ve elektronlar aynı yöne doğru akmaya başlar. Ortamın bu akmaya karşı gösterdiği direnç ile ortamın sıcaklığı 10000 K'e (+273°C) kadar yükselir. Plazmanın içine giren örnek çözeltisi, atomlaşır ve uyarılır. ICP yönteminin avantajları; yüksek sıcaklıklara ulaşabilmesi, plazma sıcaklığı her bölgede aynıdır ve bu nedenle

self absorpsiyon ve self dönüşüm etkileriyle karşılaşılması, örnek çözeltinin plazma içerisinde oldukça uzun alıkonma süresine sahip olması ve atomlaştırılması, uyarma işlemlerinin inert kimyasal çevrede gerçekleştirilmesidir. Alevin kullanıldığı absorpsiyon ve emisyon spektroskopisi yöntemlerinde, oksijenin yüksek kısmi basıncı nedeniyle, toprak alkali elementleri, nadir toprak elementleri ve bor, silisyum gibi bozunmayan oksit ve hidroksit radikaller oluşturan elementlerin analizinde duyarlılık düşüktür. Fakat argon gazı ile oluşturulan plazmada böyle bir sorun yoktur. ICP yöntemi ile ise, aynı anda analizi mümkün olan tüm elementlerin nitel ve nicel tayinleri yapılabilir (Yıldız ve Genç, 1993). Plazmada oluşan atom ve iyonların emisyonu değişik şekillerde ölçülebilir. Bizim çalışmamızda ICP-MS kullanılmıştır. Analitik bir cihaz olarak ICP-MS iki üniteden oluşmaktadır: 1) İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma (ICP) ve 2) Kütle spektrometresi (MS). Analiz edilmek istenen örnekteki elementler ICP de iyonlaştırıldıktan sonra kütle spektroskopisine gönderilirler ve burada kütle/yük ( $m/z$ ) oranlarına göre ayrılarak ölçülürler. ICP-MS'teki plazma optik emisyon spektrometresinde kullanılan Argon (Ar) plazması ile aynıdır. Periyodik tablodaki birçok elementin birinci iyonlaşma enerjileri Argonun iyonlaşma enerjisinden (15.76 eV) küçük olduğu için elementler plazma içerisinde pozitif iyonlara dönüşürler. Bir ICP-MS cihazında esas olarak şu bölümler bulunmaktadır: 1) Örnek gönderici sistem, 2) ICP, 3) Aktarıcı koniler (interface cones), 4) İyon lens sistemi, 5) Kütle seçici (mass filter), 6) Dedektör (electron multiplier tube) ve 7) Vakum sistemi. ICP-MS direk olarak çözeltide iz element derişimlerinin belirlenmesinde uygundur. Birçok element için gözlenebilir sınıırı ng/L'nin (ppb ve daha düşük derişimler) altındadır. Çok sayıda elementi aynı anda analiz edebilme özelliği sayesinde nitel analizlerde ve izotop oranlarının belirlenmesinde olduğu gibi, başta metalik elementler olmak üzere periyodik tablodaki elementlerin büyük çoğunluğunun nicel ve yarı-nitel tayinlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. ICP-MS'in çalışma aralığı diğer yöntemlere oranla oldukça geniştir. Birçok element için pg-mg/L arasında kalibrasyon grafikleri çizilebilmektedir ve bu farklı derişime sahip birçok elementin aynı anda analizine olanak sağlamaktadır. Değişik örnek göndericilerle eşleştirildiğinde ICP-MS, sıvı örnekler dışında katı örneklerin analizinde de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Laserle aşındırma-Laser Ablation-ICP-MS). Diğer tekniklerle de eşleştirilebilen örnek gönderme sistemleri (hidrür oluşturma, elektrotermal ısıtma, lazerle parçalama, akışa enjeksiyon sistemi,

çeşitli sisleştirciler, vb.) aynı şekilde ICP-MS ile de kullanılabilir. ICP-MS'e likit kromatografisi (LC), iyon kromatografisi (IC) ve gaz kromatografisi (GC) gibi kromatografik sistemler de eklenerek elementlerin türleri oldukça hassas bir şekilde belirlenebilmektedir (Gıda Güvenliği Tarımsal Araştırmalar Merkezi, 2017).

Çalışmamızda, bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde, Al, Ca, Cd, Cr, Fe, K, Mg, Ni, Pb, U and Zn element içerikleri belirlenmiştir. Radyoaktif sızıntının (uranyum kaynaklı) veya ağır metal stresinin veya her ikisinin birlikte bitki metabolizmasını hangi yönde ve hangi oranlarda etkilendiğinin tahminini yapabilmemiz için bitki bünyesinde ve topraktaki Ca, Fe, K, Mg ve Zn gibi mineral elementlerin içerik analizleri bu sebepten dolayı gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada; toplanan bitki (kök, gövde ve yaprak) ve toprak örnekleri araştırma laboratuvarına getirildikten sonra, ilk önce çürüme ve kontaminasyonu önlemek için zarflara konularak 80°C sıcaklıkta etüvde 48 saat bekletildi. Kurutma işleminden sonra herbir bitki örneği ayrı ayrı septik şartlara bağlı kalınarak elementlerin dağılımını homojenize etmek adına öğütüldü ve 1,5 mm'lik elekten geçirildi. Öğütülen örnekler etiketlenerek plastik poşetlere konuldular. Bitki numunelerinden 0.5 gr tartılarak kilitli plastik poşetler etiketlenilerek saklanmıştır. Ayrıca her lokaliteden 500 gr olmak üzere alınmış olan toprak örnekleride plastik torbalar ile laboratuvara getirilerek oda sıcaklığında 2 hafta kurutulmuş, 2 mm'lik elekten geçirildi. Kontaminasyona engel olmak için her defasında elek saf su ve % 96'lık etil alkolle yıkanmıştır. Elde edilen toprak örnekleri (herbirinden 0.5 gr alınarak) etiketlenilerek kilitli plastik poşetlerde analiz edilinceye kadar muhafaza edilmiştir. Çalışmamızda kapalı sistem mikrodalga çözme sistemi kullanılarak, hassas terazide tartılan bitki ve toprak örnekleri sıvılaştırılmıştır. Çözme işleminde yüksek sıcaklığa ve basınca dayanıklı teflon kaplar kullanılmıştır. Mikrodalgada örnekler içine 10 ml % 65 (w/w'lik) Merck marka nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ilave edilerek, mikrodalga ısıtma programı kullanılmıştır. Bu işlemlerde, Berghof-MWS2 marka model mikrodalga fırın içerisinde kademeli olarak önce 145°C'de, 5 dakika, 165°C'de, 5 dakika ve son olarak 175°C'de, 20 dakika tutularak çözme işlemi yapıldı. Oda sıcaklığında 20 dakikalık soğutma işleminden (su banyosunda) sonra numuneler 1-2 µm ortalama çaplı filtre kağıdı ile süzülerek steril 50 ml'lik falcon tüplerine ultra saf su ile aktarıldı. Hassas ölçüm gereçlerinin her

kullanımda daha etkin ve doğru sonuç vermesi için belirli aralıklarla kalibre edilmesi gerekmektedir. Kalibrasyon grafiklerini çizmek için her bir element için ayrı ayrı stok standart çözeltiler, Merck marka 1000 ppm'lik multi-element stok solüsyonu kullanılarak 10, 50, 100, 250 and 500 mg/L olacak şekilde hazırlanmıştır. Element içerik ölçümleri yukarıda da belirtildiği gibi ICP-MS cihazı (Agilent Technologies, 7700 Series) kullanılarak  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden gerçekleştirildi.



**Şekil 6.** Analizlerde kullanılan cihazlar a) ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer – Agilent Technologies, 7700 Series, b) Berghof–MWS2.

## 5. BÖLÜM

### BULGULAR

#### 4.1. Çalışma alanı ve çalışma alanında tespit edilen radyasyon oranları

**Tablo 1.** Isık Göl - Ton bölgesindeki Kaji-Say Köyünde bulunan eski Sovyet uranyum işleme ve depolama alanındaki çalışma istasyonları ve bu istasyonlara ait bilgiler ve istasyonlarda tespit edilen radyasyon miktarları

İstasyonlar	Ölçüm sayısı	GPS koordinatları	Rakım (metre)	Radyasyon Miktarları (mR/h)
1. istasyon (Eski uranyum atık depo alanı)	1.	42.153995N 77.217800E	1716	36-38
	2.	42.154186N 77.217722E	1710	40-42
	3.	42.153632N 77.217969E	1720	60-100 (toprağın çatlak olduğu yerler 200-300)
2. istasyon	1.	42.152630N 77.219471E	1745	25
	2.	42.152032N 77.219475E	1755	16-17
	3.	42.153347N 77.219629E	1733	18-21
3. istasyon	1.	42.156696N 77.216006E	1682	20-21
	2.	42.157282N 77.216018E	1677	18-19

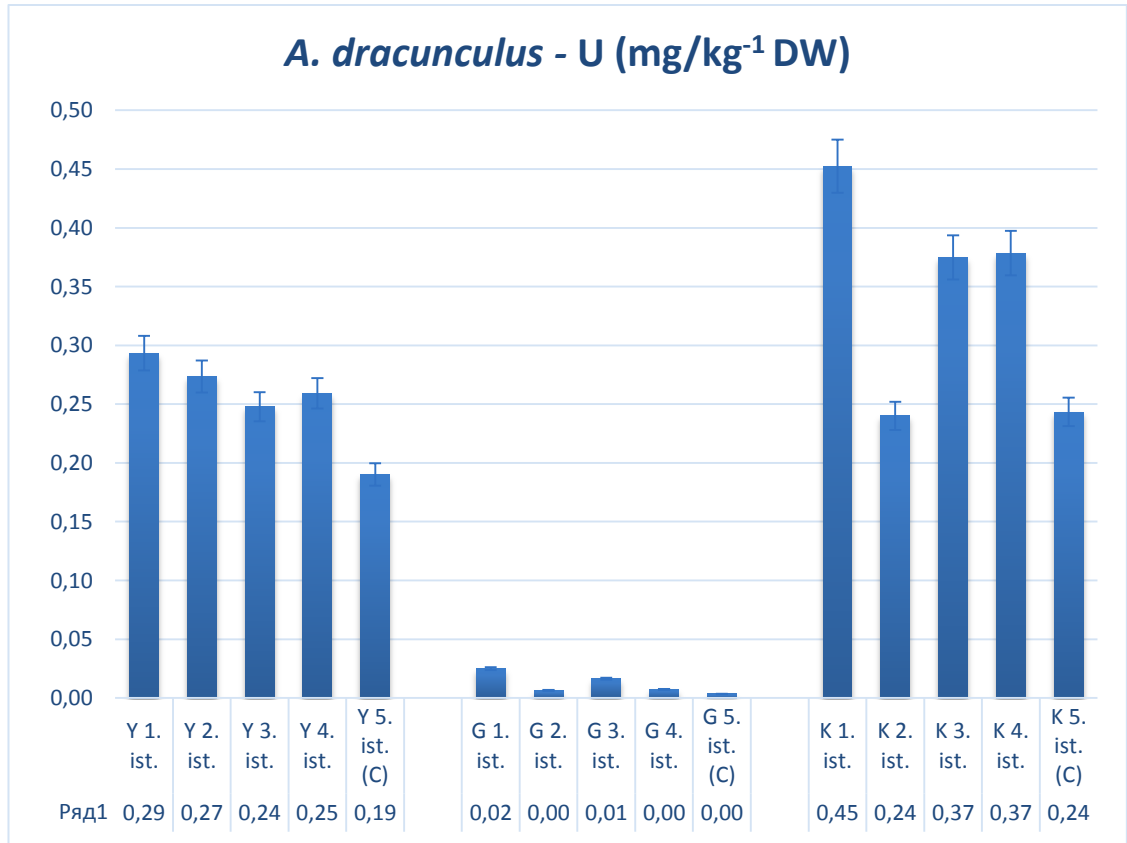
	3.	42.156398N 77.216226E	1684	19-21
4. istasyon	1.	42.164050N 77.213854E	1646	17-19
	2.	42.164558N 77.214250E	1648	17-18
	3.	42.163846N 77.213546E	1648	18-20
5. istasyon (Kontrol)	1.	42.158614N 77.153580E	1618	18-19
	2.	42.158314N 77.153589E	1621	17-19
	3.	42.158012N 77.153588E	1623	16-18

Kaji-Say, Issyk-Kul Gölü'nün güney kıyısındaki Bişkek'e 270 km uzaklıktaki Ton bölgesinde yer almaktadır. Kaji-Say uranyumlu kömür yatağı, 1948 yılında keşfedilmiştir ve kömür madenine yakın bir yerde bir uranyum madeni ve bir kömürle çalışan termik santral kurularak bu tesis 1967'ye kadar çalışmıştır. Çalışmamızda, Kaji-Say Köyünde bulunan eski Sovyet uranyum işleme ve depolama alanındaki çalışma istasyonları ve bu istasyonlara ait bilgiler ve radyasyon miktarları Tablo 1. gösterilmektedir. Tablo'ya göre, radyasyon miktarı en fazla olan istasyon 1. istasyondur ki bu alan atık deposunun olduğu alandır. Buradaki ölçüm değerleri (mR/h cinsinden) 36-100 arasında hatta toprağın çatlak olan kısımlarında 200-300 arasında tespit edilmiştir. Kontrol olarak kullanılan ve 1. istasyona yaklaşık 5.3 km uzaklıktaki 5. istasyonda bu değerler (yine mR/h cinsinden) 16-19 arasında, uranyum işleme tesisinin içinde kalan 2. istasyonda 16-25 arasında, ve 1. istasyondan (uranyum atık deposunun bulunduğu alan) uzaklaşacak şekilde göl istikametine doğru bulunan 3. ve 4. istasyonlarda sırası ile, 18-21 ve 17-20 aralıklarında bulunmuştur.

## 4.2. Çalışma materyali bitki ve topraktaki uranyum ve diğer element içerikleri

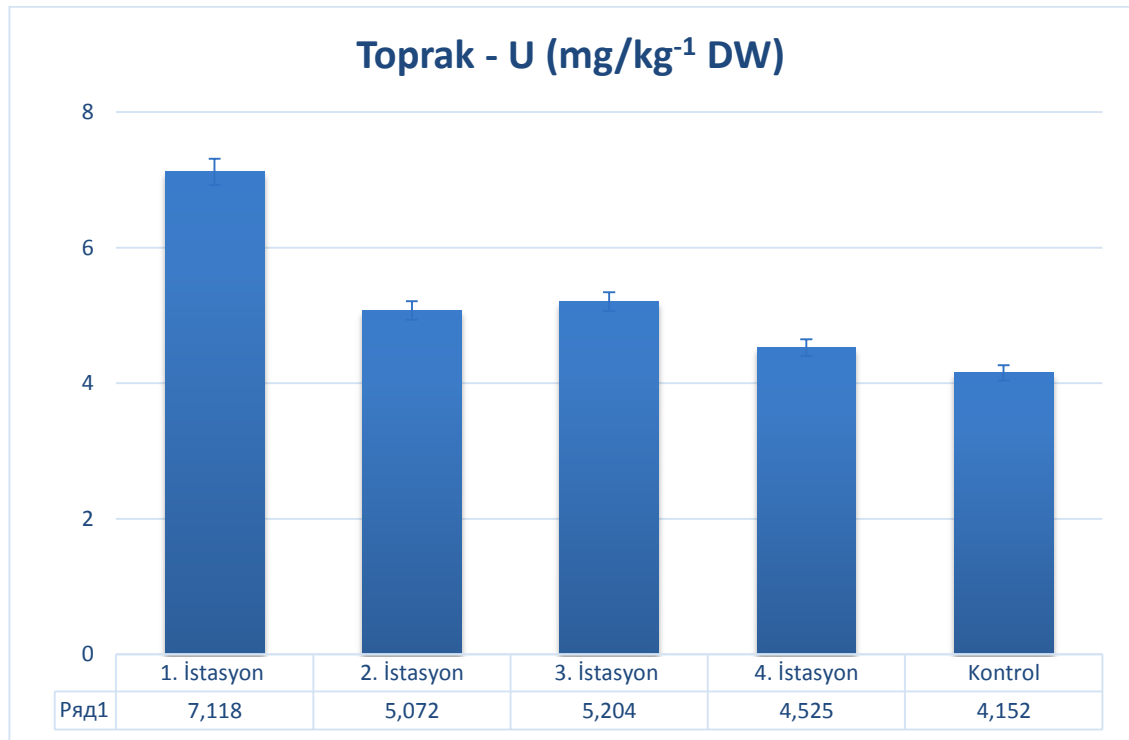
### 4.2.1. Çalışma materyali bitki ve toprakta uranyum içeriği

Uranyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları, Isık Gölü, Kaji-Say’da eski SSCB döneminde işletilmiş ve daha sonradan kapatılmış uranyum işleme ve atık deposunun bulunduğu alandaki 5 istasyonda yapılan çalışmadan elde edilmiştir. 1. istasyon, radyoaktif atık materyalin gömülü olduğu alan; 2. istasyon uranyumun zenginleştirildiği tesisin bulunduğu alan; 3 ve 4. istasyonlar, 1. istasyondan göl istikametine gidecek şekilde seçilen diğer alanlar; ve 5. istasyon ise, kontrol noktası olarak seçilen 1. istasyona 5,3 km uzaklıktaki alandır.



**Şekil 7.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen U miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))

1. istasyon, radyoaktif atık materyalin gömülü olduğu alan; 2. istasyon uranyumun zenginleştirildiği tesisin bulunduğu alan; 3 ve 4. istasyonlar, 1. istasyondan göl istikametine gidecek şekilde seçilen diğer alanlar; ve 5. istasyon ise, kontrol noktası olarak seçilen 1. istasyona 5,3 km uzaklıktaki alandır. Her istasyondan toplanan bitki ve toprak örneklerinde sırası ile ortalama  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden bulunan uranyum miktarları Şekil 5 ve 6'da verilmiştir. Bu şekillere göre, uranyum ( $\text{mg.kg}^{-1}$  cinsinden) toprakta en yüksek 1. istasyonda (7.118) ve en düşük 5. istasyonda (4.152) tespit edilmiştir. Uranyum, bizim çalışmamızda ( $\text{mg.kg}^{-1}$  cinsinden): yaprakta en düşük 5. istasyonda (0.190) ve en yüksek 1. istasyonda (0.405); gövdede en düşük 5. istasyonda (0.055) ve en yüksek 1. istasyonda (0.171); ve kökte en düşük 4. istasyonda (0.379) ve en yüksek 1. istasyonda (0.553) tespit edilmiştir.

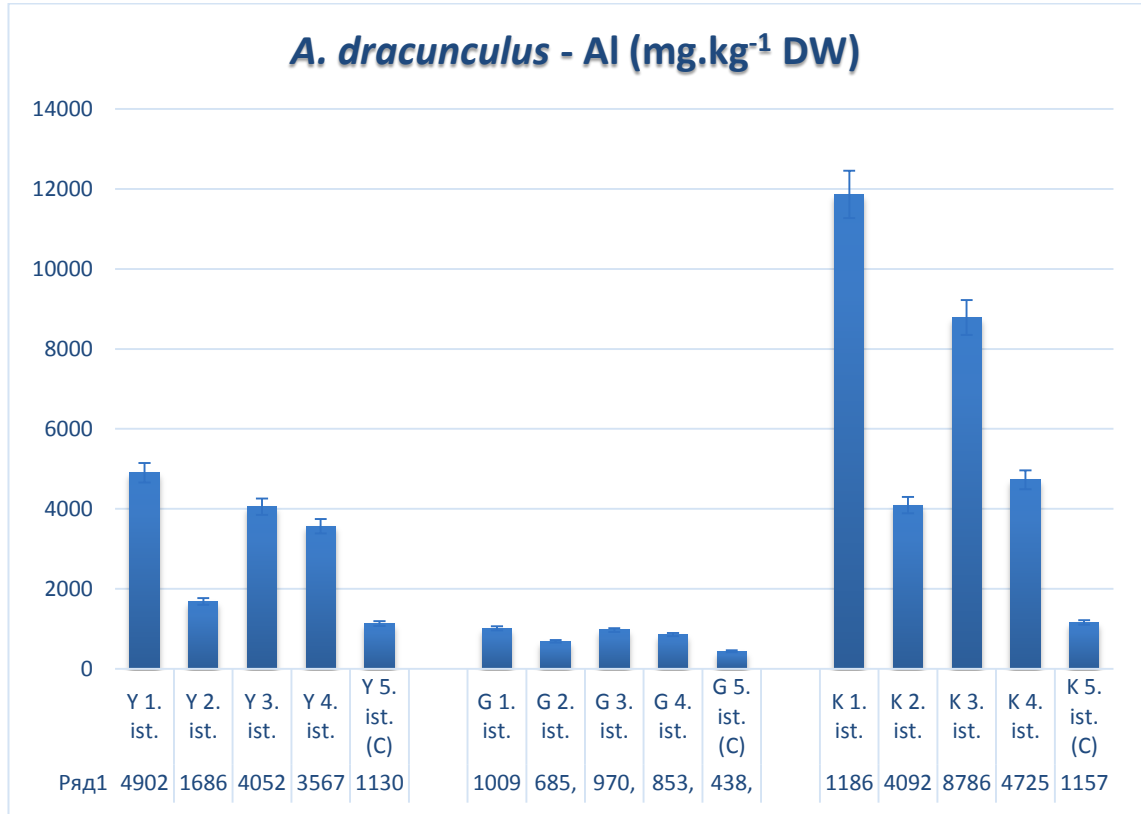


**Şekil 8.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen U miktarları (Kontrol: 5. istasyon)

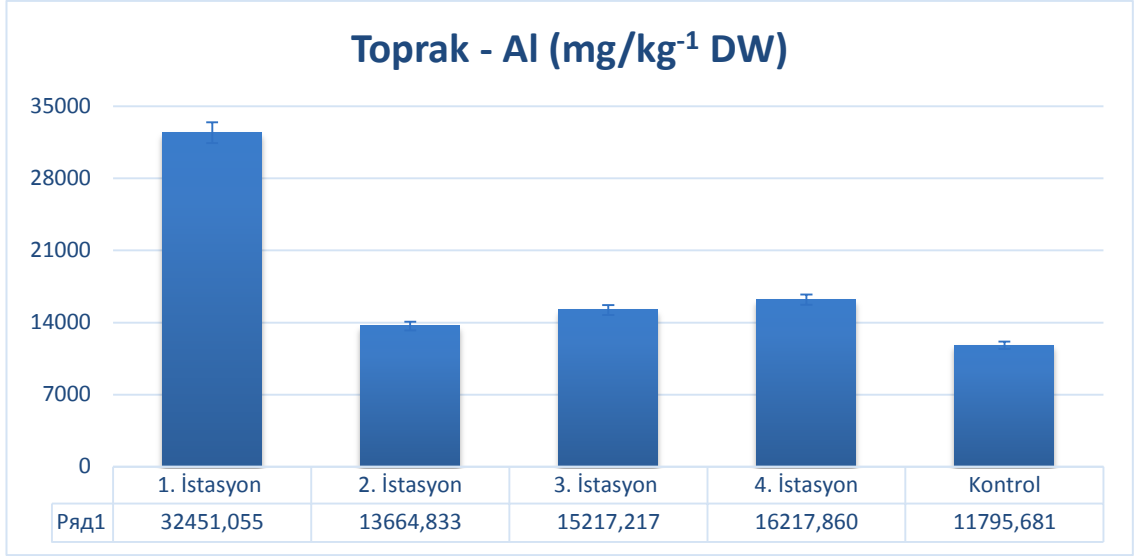


#### 4.2.2. Çalışma materyali bitki ve toprakta alüminyum içeriği

Kaji-Say'da yeralan istasyonlardan toplanan *A. dracunculus* bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde alüminyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları sırası ile ortalama  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden Şekil 7 ve 8'de gösterilmiştir. Alüminyum, bizim çalışmamızda *A. dracunculus*'da ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), yaprakta en düşük 5. istasyonda (1130.801) ve en yüksek 1. istasyonda (4902.313), gövdede en düşük 5. istasyonda (438.268) ve en yüksek 1. istasyonda (1009.730) ve kökte, en düşük 5. istasyonda (1157.434) ve en yüksek 1. istasyonda (11863.204) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Alüminyum, en düşük 5. istasyonda (11795.681) ve en yüksek 1. istasyonda (32451.055) tespit edilmiştir.



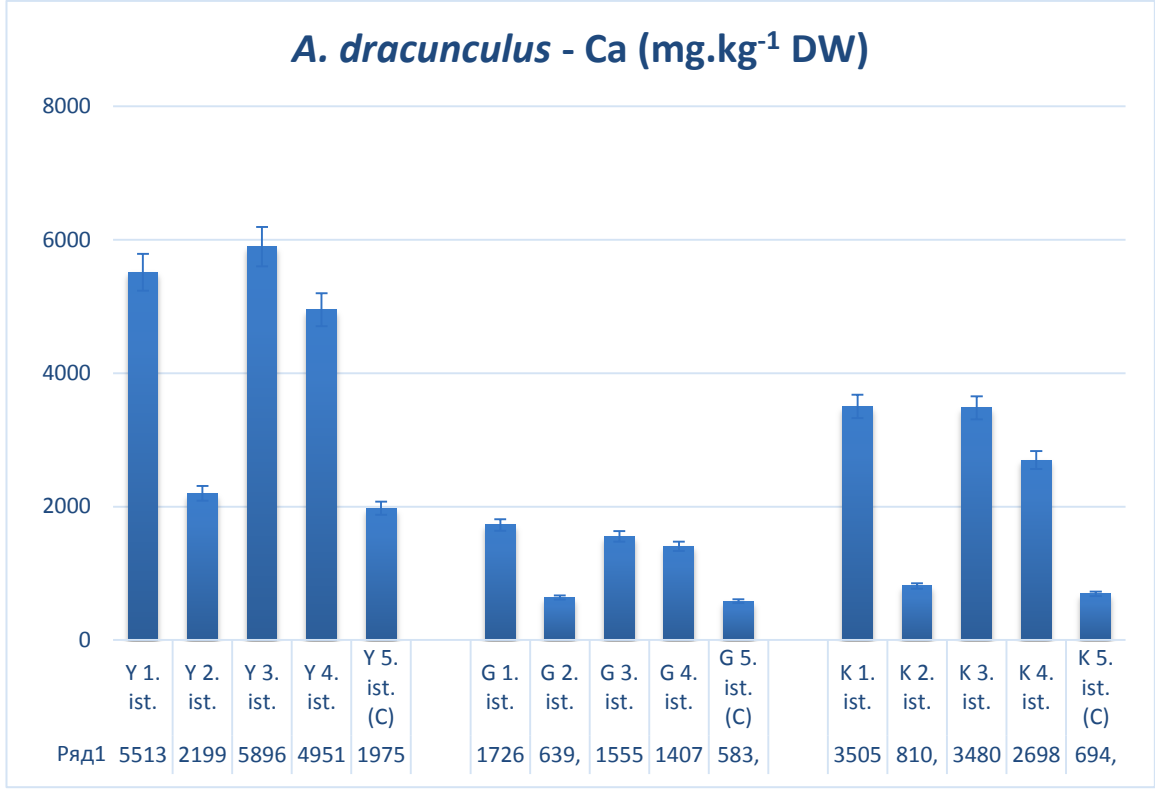
**Şekil 9.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Al miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))



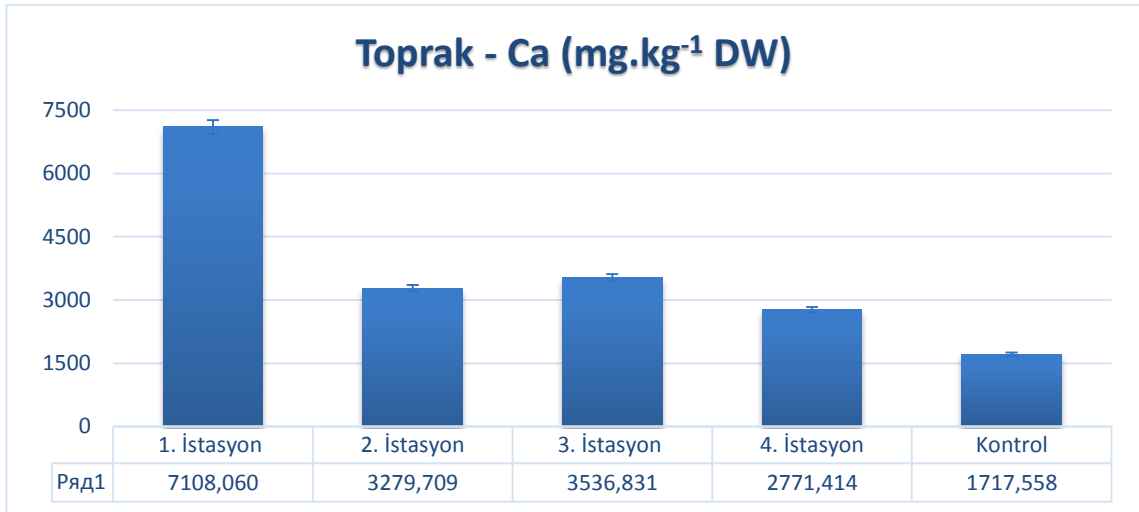
**Şekil 10.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Al miktarları (Kontrol: 5. istasyon)

#### 4.2.3. Çalışma materyali bitki ve toprakta kalsiyum içeriği

Kaji-Say'da yeralan istasyonlardan toplanan *A. dracuncululus* bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde kalsiyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları sırası ile ortalama mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden Şekil 9 ve 10'da gösterilmiştir. Kalsiyum, bizim çalışmamızda *A. dracuncululus*'da (mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden), yaprakta en düşük 5. istasyonda (1975.856) ve en yüksek 3. istasyonda (5896.089), gövdede en düşük 5. istasyonda (583.906) ve en yüksek 1. istasyonda (1726.389) ve kökte, en düşük 5. istasyonda (694.028) ve en yüksek 1. istasyonda (3505.208) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden): Kalsiyum, en düşük 5. istasyonda (1717.558) ve en yüksek 1. istasyonda (7108.060) tespit edilmiştir.



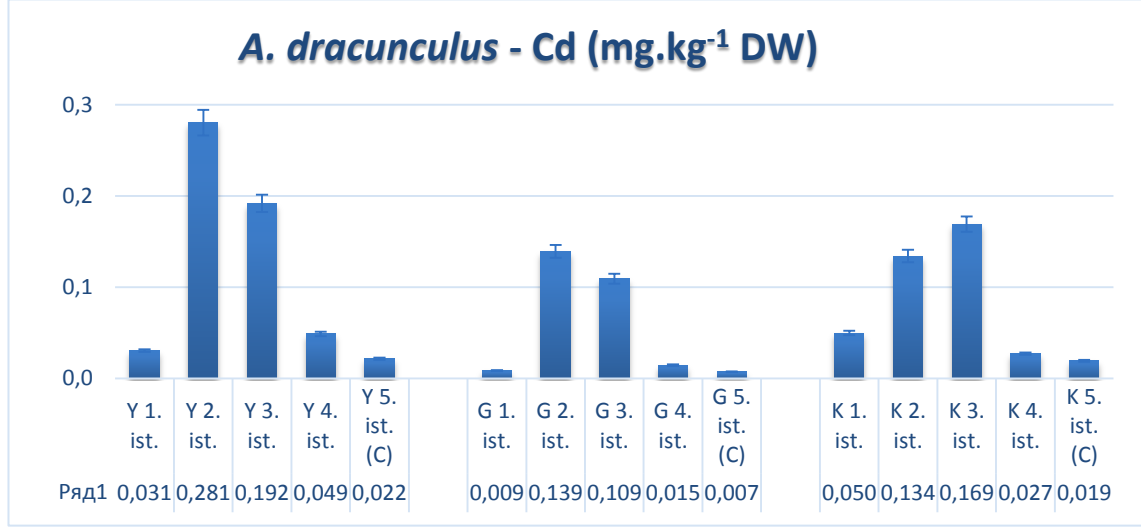
**Şekil 11.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Ca miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))



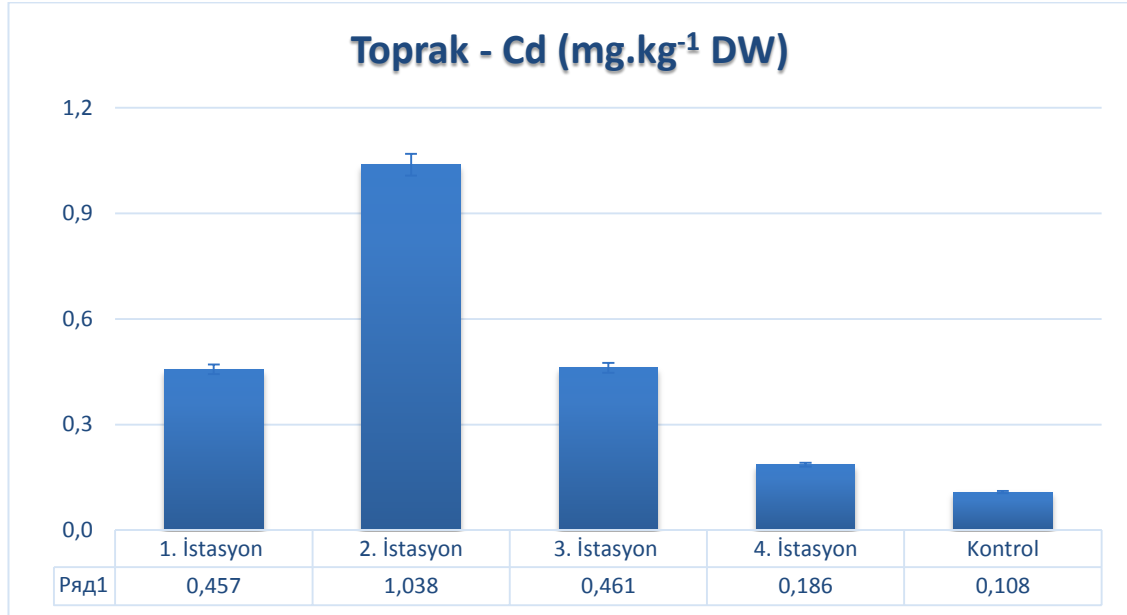
**Şekil 12.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Ca miktarları (Kontrol: 5. İstasyon)

#### 4.2.4. Çalışma materyali bitki ve toprakta kadmiyum içeriği

Kaji-Say'da yeralan istasyonlardan toplanan *A. dracuncululus* bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde kadmiyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları sırası ile ortalama  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden Şekil 11 ve 12'de gösterilmiştir.



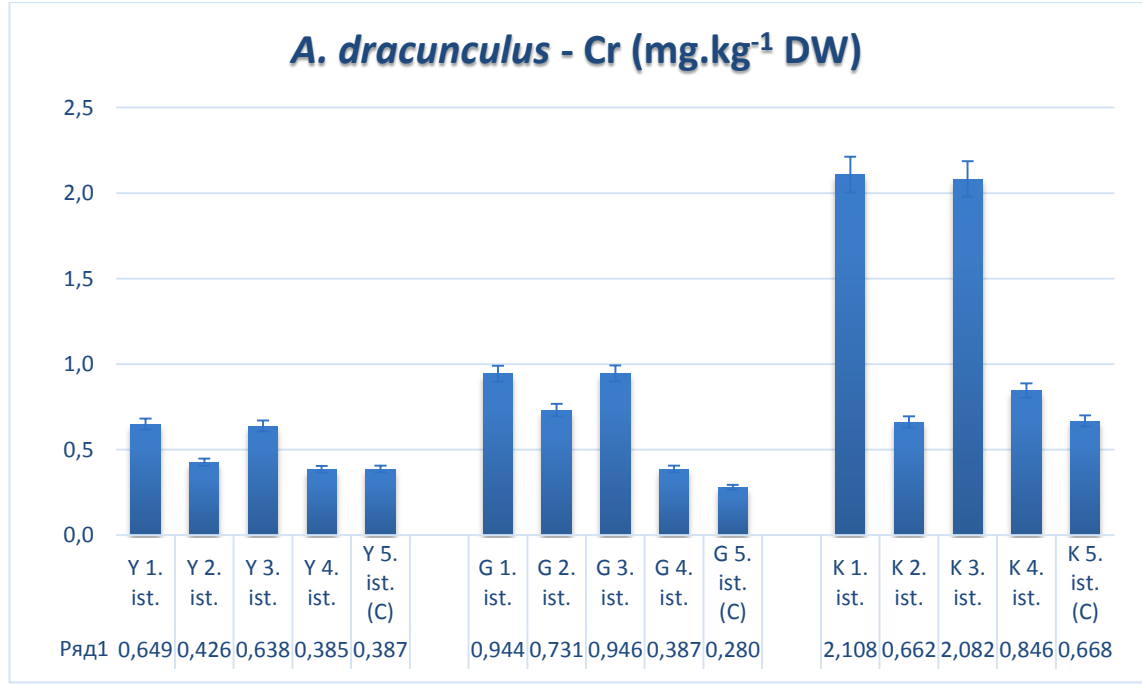
**Şekil 13.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Cd miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))



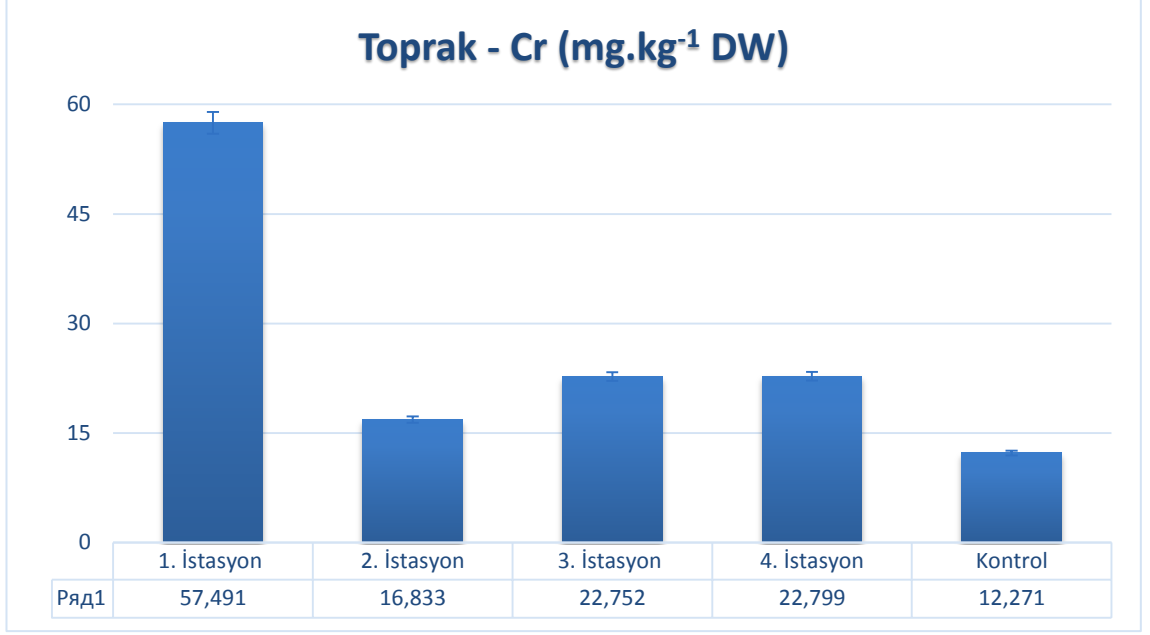
**Şekil 14.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Cd miktarları (Kontrol: 5. İstasyon)

Kadmiyum, bizim çalışmamızda *A. dracunculus*'da ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), yaprakta en düşük 5. istasyonda (0.022) ve en yüksek 2. istasyonda (0.281), gövdede en düşük 5. istasyonda (0.007) ve en yüksek 2. istasyonda (0.139) ve kökte, en düşük 5. istasyonda (0.019) ve en yüksek 3. istasyonda (0.169) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Kalsiyum, en düşük 5. istasyonda (0.108) ve en yüksek 2. istasyonda (1.038) tespit edilmiştir.

#### 4.2.5. Çalışma materyali bitki ve toprakta krom içeriği



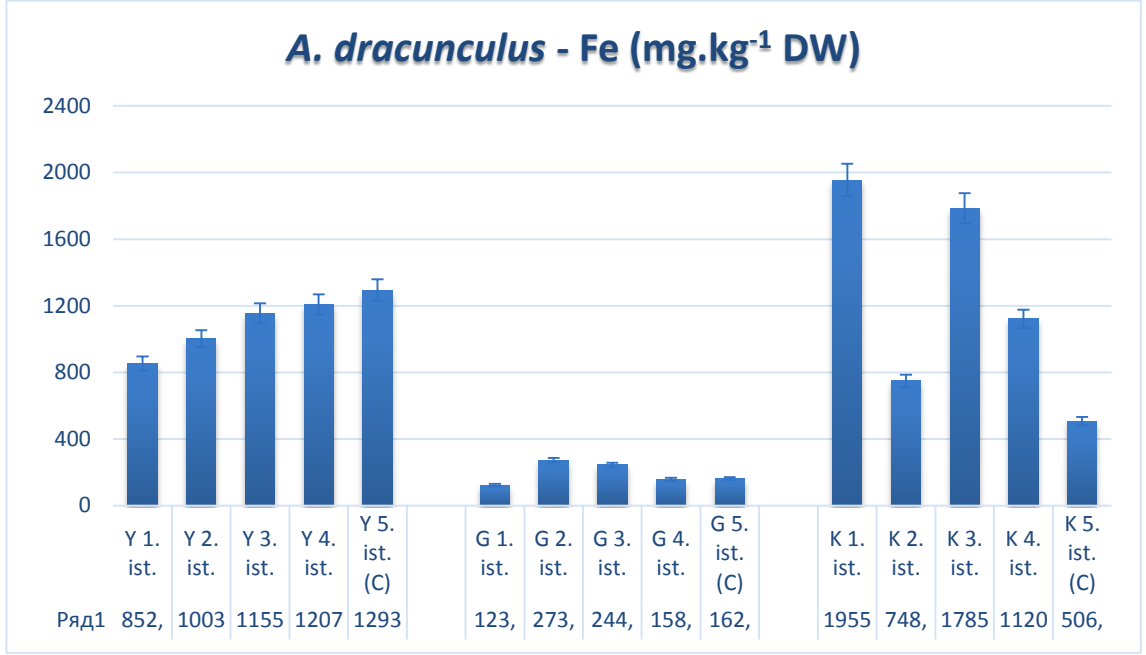
**Şekil 15.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Cr miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))



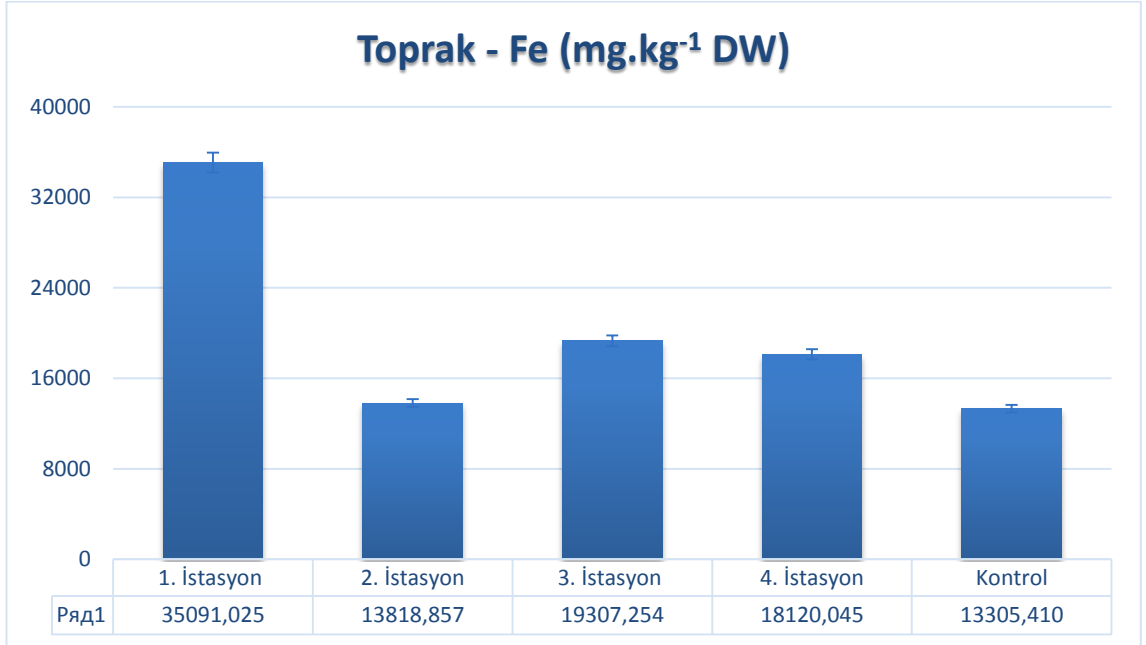
**Şekil 16.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Cr miktarları (Kontrol: 5. İstasyon)

Kaji-Say'da yeralan istasyonlardan toplanan *A. dracunculus* bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde krom için yapılan ICP-MS analiz sonuçları sırası ile ortalama mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden Şekil 13 ve 14'de gösterilmiştir. Krom, bizim çalışmamızda *A. dracunculus*'da (mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden), yaprakta en düşük 4. istasyonda (0.385) ve en yüksek 1. istasyonda (0.649), gövdede en düşük 5. istasyonda (0.280) ve en yüksek 3. istasyonda (0.946) ve kökte, en düşük 2. istasyonda (0.662) ve en yüksek 1. istasyonda (2.108) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden): Krom, en düşük 5. istasyonda (12.271) ve en yüksek 1. istasyonda (57.491) tespit edilmiştir.

#### 4.2.6. Çalışma materyali bitki ve toprakta demir içeriği



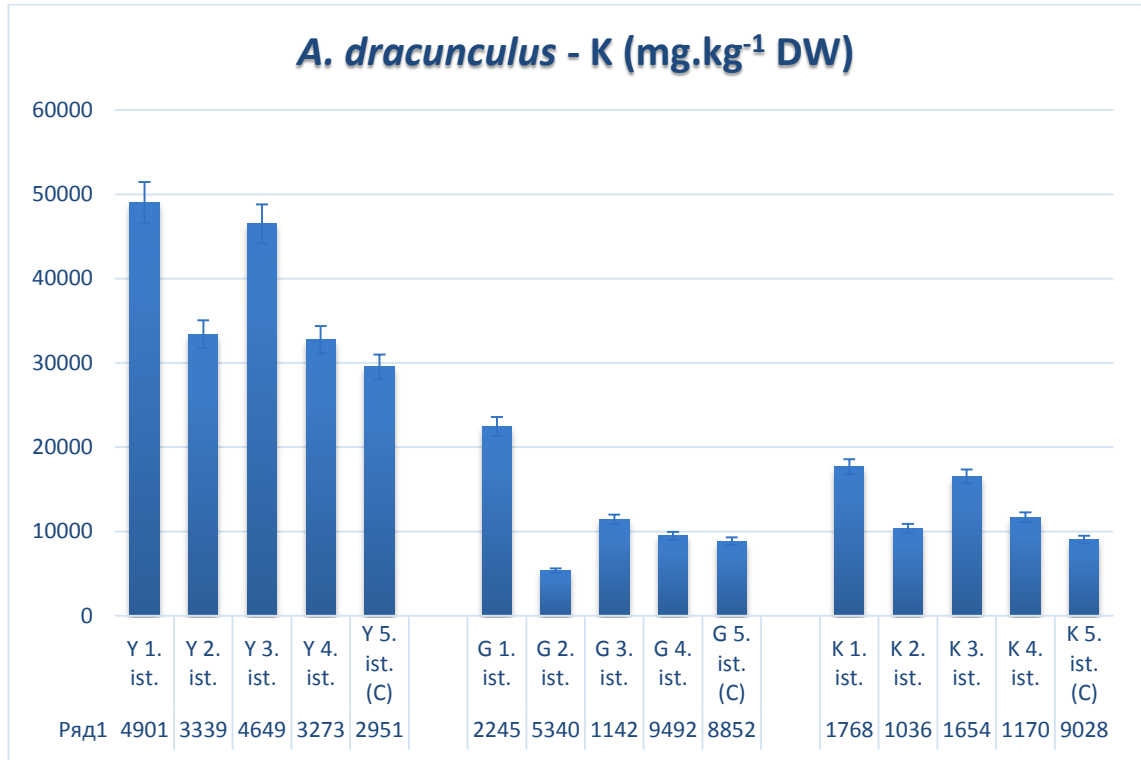
**Şekil 17.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Fe miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))



**Şekil 18.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Fe miktarları (Kontrol: 5. İstasyon)

Kaji-Say'da yeralan istasyonlardan toplanan *A. dracunculus* bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde demir için yapılan ICP-MS analiz sonuçları sırası ile ortalama  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden Şekil 15 ve 16'da gösterilmiştir. Demir, bizim çalışmamızda *A. dracunculus*'da ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), yaprakta en düşük 1. istasyonda (852.943) ve en yüksek 5. istasyonda (1293.728), gövdede en düşük 1. istasyonda (123.864) ve en yüksek 2. istasyonda (273.209) ve kökte, en düşük 5. istasyonda (506.840) ve en yüksek 1. istasyonda (1955.264) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Demir, en düşük 5. istasyonda (13305.410) ve en yüksek 1. istasyonda (35091.025) tespit edilmiştir.

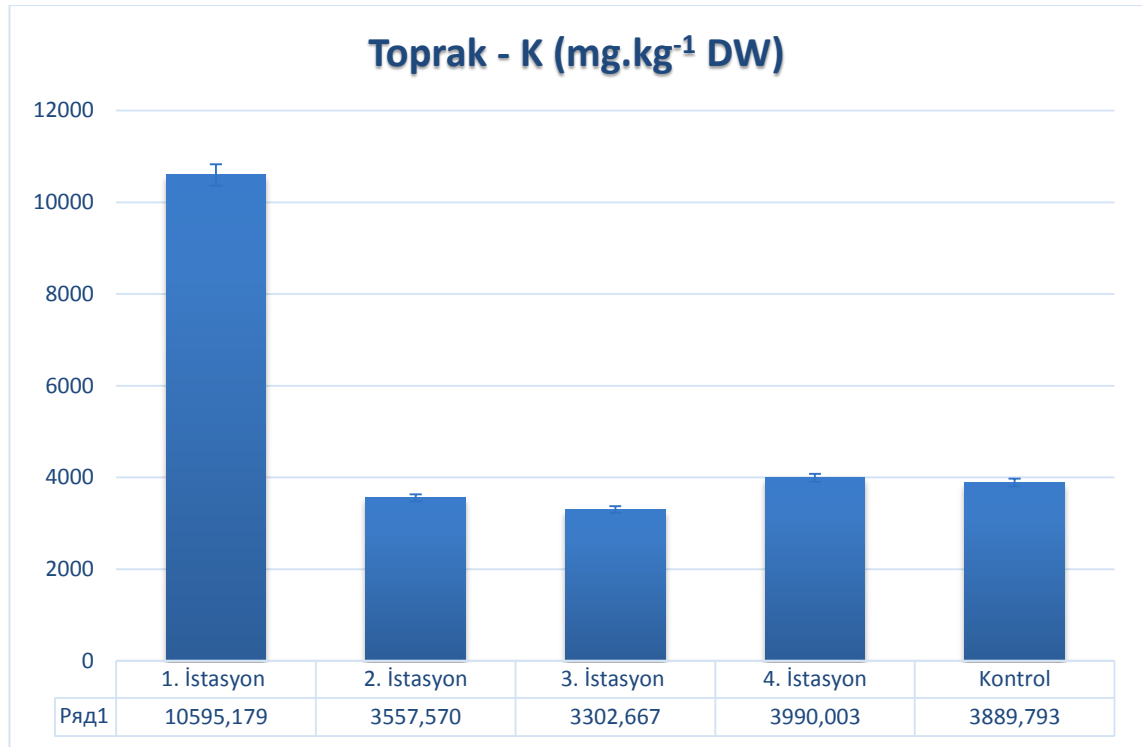
#### 4.2.7. Çalışma materyali bitki ve toprakta potasyum içeriği



**Şekil 19.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen K miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))

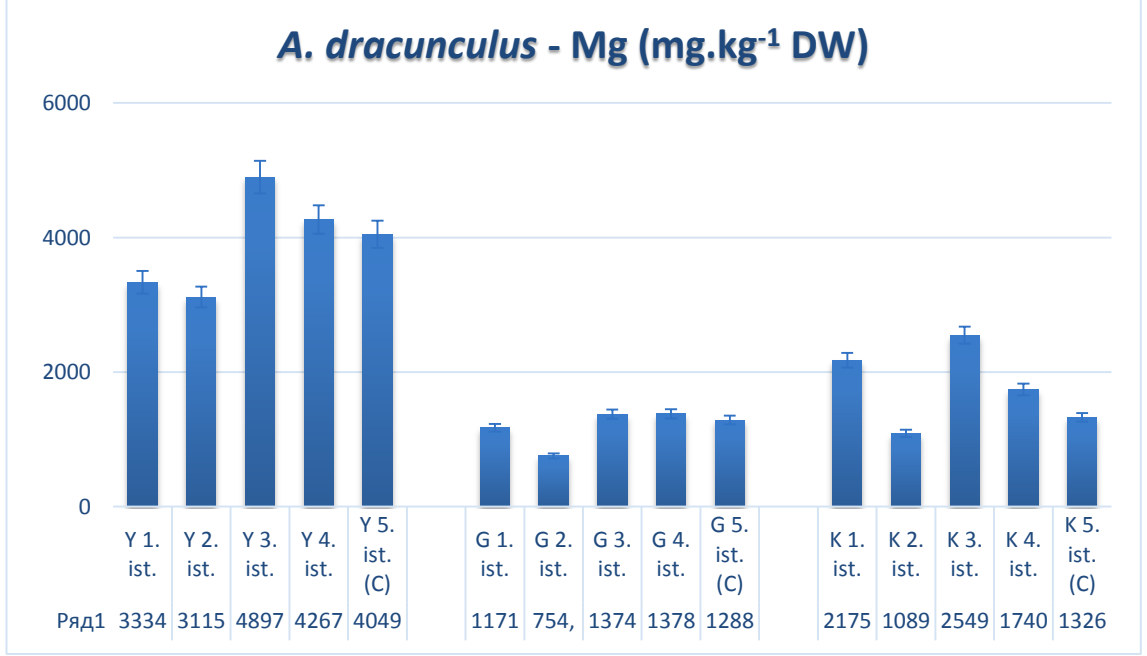


Kaji-Say'da yeralan istasyonlardan toplanan *A. dracunculus* bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde potasyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları sırası ile ortalama  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden Şekil 17 ve 18'de gösterilmiştir. Potasyum, bizim çalışmamızda *A. dracunculus*'da ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), yaprakta en düşük 5. istasyonda (29510.221) ve en yüksek 1. istasyonda (49014.109), gövdede en düşük 2. istasyonda (5454.459) ve en yüksek 1. istasyonda (22454.052) ve kökte, en düşük 5. istasyonda (9028.985) ve en yüksek 1. istasyonda (17687.254) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Potasyum, en düşük 5. istasyonda (3889.793) ve en yüksek 1. istasyonda (10595.179) tespit edilmiştir.



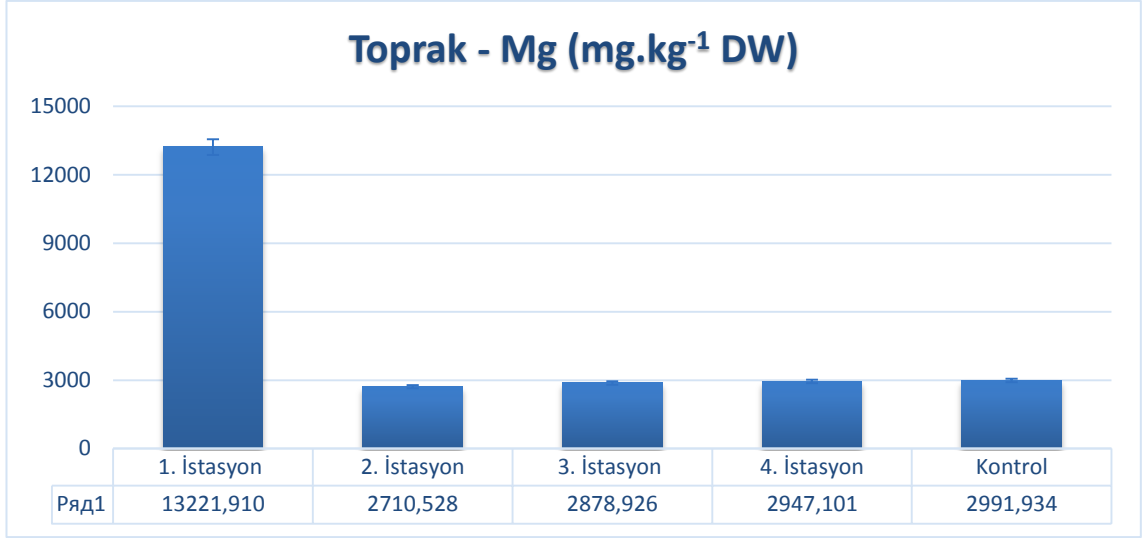
**Şekil 20.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen K miktarları (Kontrol: 5. İstasyon)

#### 4.2.8. Çalışma materyali bitki ve toprakta magnezyum içeriği



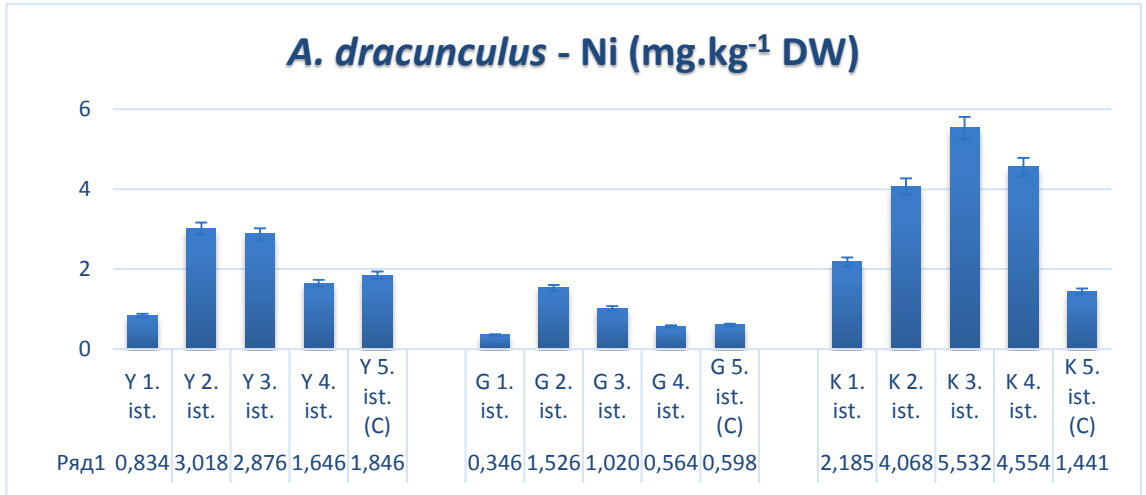
**Şekil 21.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Mg miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))

Kaji-Say'da yeralan istasyonlardan toplanan *A. dracunculus* bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde magnezyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları sırası ile ortalama mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden Şekil 19 ve 20'de gösterilmiştir. Magnezyum, bizim çalışmamızda *A. dracunculus*'da (mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden), yaprakta en düşük 2. istasyonda (3115.295) ve en yüksek 3. istasyonda (4897.913), gövdede en düşük 2. istasyonda (754.996) ve en yüksek 4. istasyonda (1378.995) ve kökte, en düşük 2. istasyonda (1089.543) ve en yüksek 3. istasyonda (2549.855) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden): Magnezyum, en düşük 2. istasyonda (2710.528) ve en yüksek 1. istasyonda (13221.910) tespit edilmiştir.



**Şekil 22.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Mg miktarları (Kontrol: 5. İstasyon)

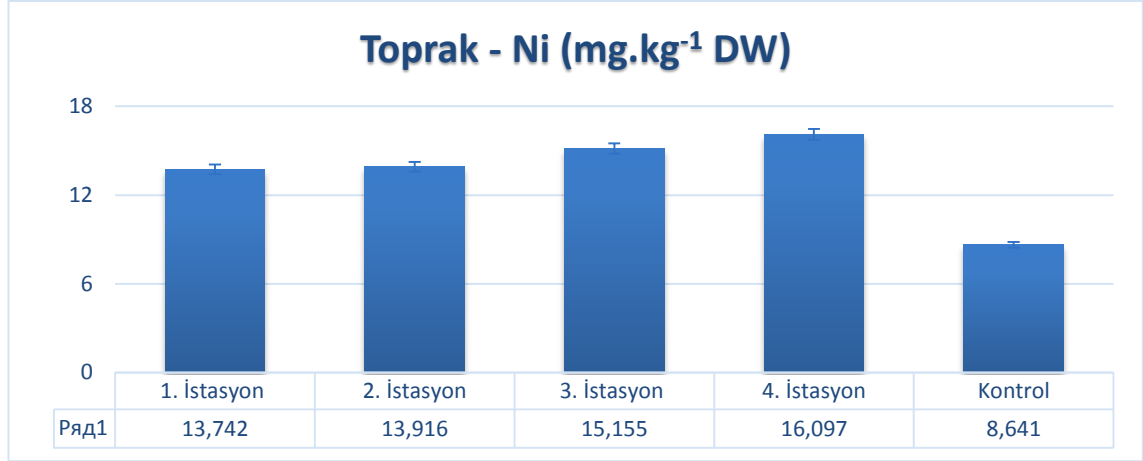
#### 4.2.9. Çalışma materyali bitki ve toprakta nikel içeriği



**Şekil 23.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus*'un yaprak, gövde ve kök örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Ni miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))

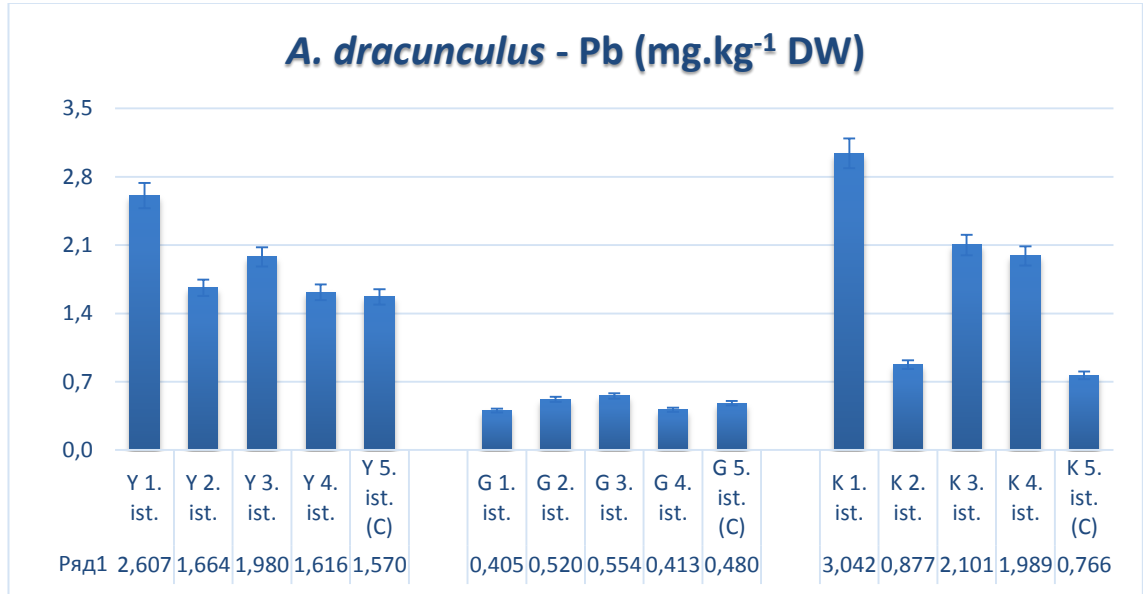
Kaji-Say'da yeralan istasyonlardan toplanan *A. dracuncululus* bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde nikel için yapılan ICP-MS analiz sonuçları sırası ile ortalama mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden Şekil 21 ve 22'de gösterilmiştir. Nikel, bizim çalışmamızda *A. dracuncululus*'da (mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden), yaprakta en

düşük 1. istasyonda (0.834) ve en yüksek 2. istasyonda (3.018), gövdede en düşük 1. istasyonda (0.346) ve en yüksek 2. istasyonda (1.526) ve kökte, en düşük 5. istasyonda (1.441) ve en yüksek 3. istasyonda (5.532) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Nikel , en düşük 5. istasyonda (8.641) ve en yüksek 4. istasyonda (16,097) tespit edilmiştir.



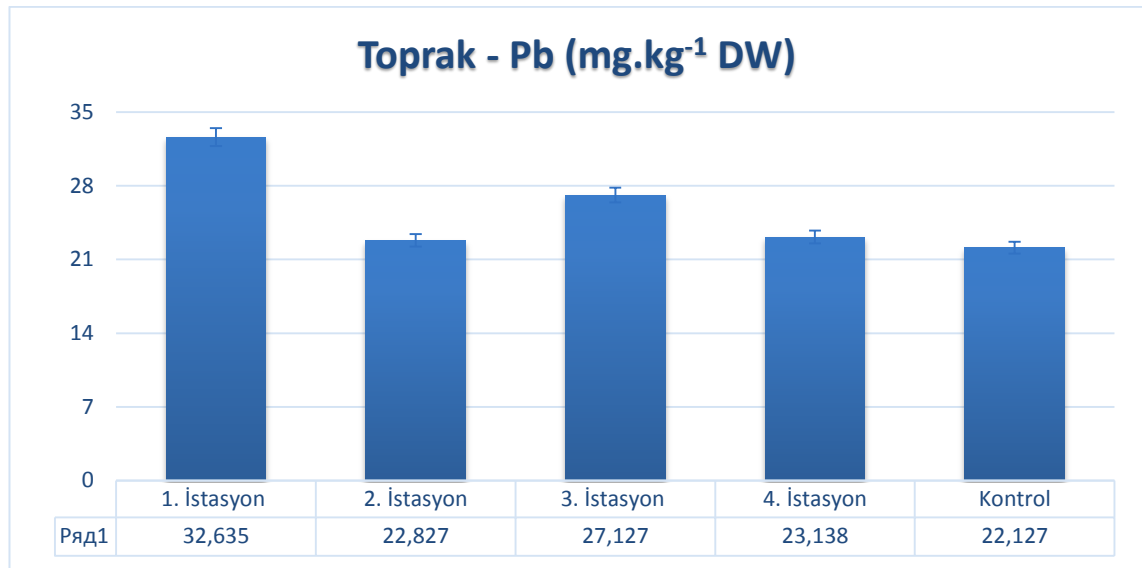
**Şekil 24.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Ni miktarları (Kontrol: 5. İstasyon)

#### 4.2.10. Çalışma materyali bitki ve toprakta kurşun içeriği



**Şekil 25.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Pb miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))

Kaji-Say'da yeralan istasyonlardan toplanan *A. dracuncululus* bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde kurşun için yapılan ICP-MS analiz sonuçları sırası ile ortalama  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden Şekil 23 ve 24'de gösterilmiştir. Kurşun, bizim çalışmamızda *A. dracuncululus*'da ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), yaprakta en düşük 5. istasyonda (1.570) ve en yüksek 1. istasyonda (2.607), gövdede en düşük 1. istasyonda (0.405) ve en yüksek 3. istasyonda (0.554) ve kökte, en düşük 5. istasyonda (0.766) ve en yüksek 1. istasyonda (3.042) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Kurşun, en düşük 5. istasyonda (22.127) ve en yüksek 1. istasyonda (32.635) tespit edilmiştir.

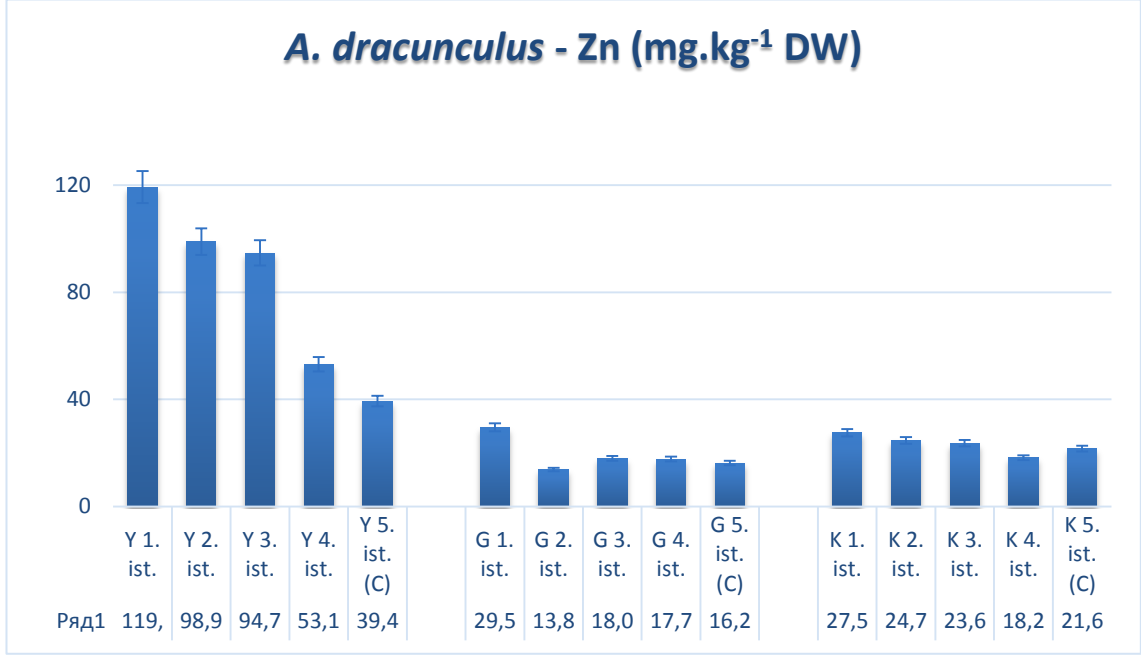


**Şekil 26.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracuncululus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden tespit edilen Pb miktarları (Kontrol: 5. İstasyon)

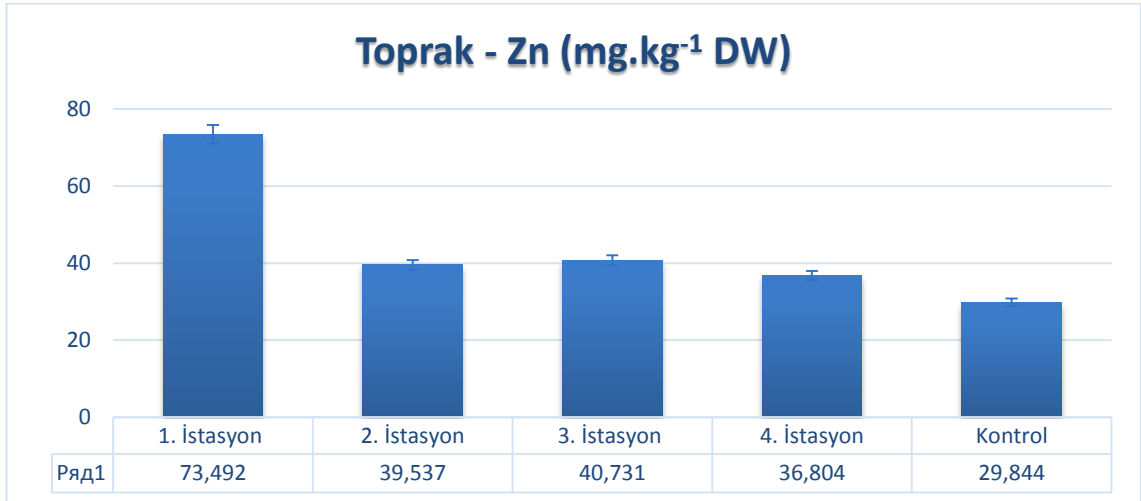
#### 4.2.11. Çalışma materyali bitki ve toprakta çinko içeriği

Kaji-Say'da yeralan istasyonlardan toplanan *A. dracuncululus* bitki ve bitki örnekleri ile birlikte alınan toprak örneklerinde çinko için yapılan ICP-MS analiz sonuçları sırası ile ortalama  $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden Şekil 25 ve 26'da gösterilmiştir. Çinko, bizim çalışmamızda *A. dracuncululus*'da ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), yaprakta en düşük 5. istasyonda (39.421) ve en yüksek 1. istasyonda (119.281), gövdede en düşük 2. istasyonda (13.817) ve en yüksek 1. istasyonda (29.595) ve kökte, en düşük 4. istasyonda (18.202) ve en yüksek 1. istasyonda (27.576) tespit edilmiştir. Toprakta

(mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden): Çinko, en düşük 5. istasyonda (29.844) ve en yüksek 1. istasyonda (73.492) tespit edilmiştir.



**Şekil 27.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Zn miktarları (Y: Yaprak, G: Gövde, K: Kök, C (Kontrol))



**Şekil 28.** ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. dracunculus* ile birlikte toplanan toprak örneklerinde mg.kg<sup>-1</sup> DW cinsinden tespit edilen Zn miktarları (Kontrol: 5. İstasyon)

## 6. BÖLÜM

### TARTIŞMA VE SONUÇ

#### 6.1.Tartışma ve sonuç

Isık-Kul Gölü'ne çok yakın bir konumdaki Kaji-Say yerleşim bölgesinin yakınında bulunan alanda yaklaşık 600.000 ton radyoaktif atık depolanmıştır. Atık bölgesinde tespit edilen radyasyon sızıntı verileri 500 mR/h e kadar ulaşmaktadır. Yetersiz bakım koşulları altında atıkların gömülü olduğu alan korumasız bir şekilde bulunmaktadır. Bu bölgede radyoaktif sızıntı ortaya çıkarsa ki ciddi tehdit sözkonusudur, Issyk-Kul Gölü kirlenecektir ve sağlık kaynağı olan dünyanın en güzel yerlerinden bir tanesi zarar görme tehlikesi ile karşı karşıya kalacaktır. Gölü çevreleyen kasaba ve köylerde 400.000'den fazla insan yaşadığı gözönüne alınırsa çevresel tehlikenin boyutları daha iyi anlaşılabilir. Bu yönü ile ele alındığında Kaji-Say yakınlarındaki atık alanı gibi alanlarının rehabilitasyonu oldukça önem kazanmaktadır ve gerekli önlemler zamanında alınmazsa, göle akacak olan 600.000 m<sup>3</sup>'ten fazla radyoaktif materyal bir çevresel felaketin ortaya çıkmasına neden olabilir. 1961 yılında faaliyetine son verilen uranyum işleme tesisinde uranyum madenciliğinin sonucu oluşan radyoaktif kül birikimi endüstriyel ekipmanlarla birlikte maden atık bölgesine (10800 m<sup>2</sup>'lik bir alan) 6 m kalınlığında tabaka ile örtülerek gömülmüştür. Şu anda, atıkların gömüldüğü maden deposunun bentleri doğal ve antropojenik etkilerin baskısı altında yavaş yavaş yok olmaktadır. Kaji-Say'da bulunan eski madendeki atık deposu erozyon selleri ve çamur akışlarına maruz kaldığından radyoaktif materyalin yüzeye çıkması sözkonusudur. Bu çalışma ile ana hedefimiz radyoaktif kirlenmenin boyutunu tespit etmek ve bu kirlenmenin bölgede yaşamın canlı organizma popülasyonları üzerindeki etkisinin belirlenmesini sağlamaktır.

Tablo 1'e göre, radyasyon miktarı en fazla olan istasyon 1. istasyondur ki bu alan atık deposunun olduğu alandır. Buradaki ölçüm değerleri (mR/h cinsinden) 36-100 arasında hatta toprağın çatlak olan kısımlarında 200-300 arasında tespit edilmiştir. Kontrol olarak kullanılan ve 1. istasyona yaklaşık 5.3 km uzaklıktaki 5. istasyonda bu değerler (yine mR/h cinsinden) 16-19 arasında, uranyum işleme tesisinin içinde kalan 2.

istasyonda 16-25 arasında, ve 1. istasyondan (uranyum atık deposunun bulunduğu alan) uzaklaşacak şekilde göl istikametine doğru bulunan 3. ve 4. istasyonlarda sırası ile, 18-21 ve 17-20 aralıklarında bulunmuştur. Kontrol (5. istasyon) ile karşılaştırıldığında 1. istasyonun çok yüksek radyoaktiviteye sahip olduğu ve 2. istasyonda da (uranyum işleme tesisin bulunduğu alan) radyasyonun göreceli olarak diğer istasyonlara nazaran biraz yüksek olduğu görülmüştür. Radyasyon, genetik materyalde hasara, hücre ölümüne, genetik mutasyonlara, kanser oluşumuna yol açtığından dolayı gerek hücre seviyesinde gerekse organizma düzeyinde ölümcül etkileri vardır ve radyasyona bazı organizmalar belli oranlarda direnç gösterebilirler. Yüksek radyasyonun mutasyona yol açtığı göz önüne alınırsa 1. istasyonda yüksek radyasyon dozundan dolayı olası mutasyonların ortaya çıkması sözkonusudur.

Uranyum ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 0.1-11 ve bitkilerde normal sınırları 0.5-4.4 arasındadır (Barker ve Pilbeam, 2007). U seviyesi, toprakta bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer alsada da 1., 2., 3. ve 4. istasyonlardaki seviyesi göreceli olarak 1. istasyona doğru artmaktadır. U seviyesinin, *A. dracunculus*'ta, bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer aldığı halde 1., 2. ve 3. istasyonlarda 1. istasyonda en fazla olmak üzere genel bir artış trendi gözlenmektedir. Yanlız burada şunu belirtmek gerekir ki normalde U radyasyon yaymaz ve bu atık bölgesinde doğadaki uranyumdan farklı olarak zenginleştirilmiş radyoaktif uranyum gömülü olarak bulunduğundan dolayı alandaki konsantrasyon düşük gibi görünsede etkileri daha yüksek olacaktır.

Yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: Alüminyum, bitkide ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), en yüksek 1. istasyonda (11863.204-kök) ve en düşük 5. istasyonda (438.268-gövde) tespit edilmiştir. Alüminyum, toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden) en yüksek 1. istasyonda (32451.055) ve en düşük 5. istasyonda (11795.681) tespit edilmiştir. Alüminyumun ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 4500-80000 ve bitkilerde 200-2000 arasındadır. Al seviyesi, toprakta bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer alsada da 1. istasyondaki seviyesi diğer istasyonlara göre göreceli olarak yüksektir. Al seviyesinin, *A. dracunculus* gövdede normal sınırlar içerisinde kalsada yaprak (2. ve 5. istasyonlarda normal sınırlar içerisinde) ve kökte (5. istasyon hariç) bütün istasyonlarda normal sınırlar üzerinde bulunmuştur. Bitkide, Al seviyesi kontrol ile karşılaştırıldığında 1., 3. ve 4.



istasyonlarda daha yüksek ve 1. istasyona doğru bir artış trendi içerisinde bulunmuştur. Aynı zamanda, topraktada 1. istasyondaki Al seviyesi diğer istasyonlar ile karşılaştırıldığında yüksek seviyede tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: Kalsiyum, bitkide ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), en yüksek 3. istasyonda (5896.089-yaprak) ve en düşük 5. istasyonda (583.906-gövde) tespit edilmiştir. Ca, toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden) en yüksek 1. istasyonda (7108.060) ve en düşük 5. istasyonda (1717.558) tespit edilmiştir. Kalsiyumun ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 10000-50000 ve bitkilerde 200-30000 arasındadır (Kacar ve Katkat, 2007). Ca seviyesi, toprakta bütün istasyonlarda normal seviyenin altında olduğu halde bitkide normal sınırlar içerisinde kaldığı görülmüştür. Bitkide, Ca seviyesi kontrol ile karşılaştırıldığında 1., 3. ve 4. istasyonlarda daha yüksek ve 1. istasyona doğru bir artış trendi içerisinde bulunmuştur. Aynı zamanda, topraktada 1. istasyondaki Ca seviyesi diğer istasyonlar ile karşılaştırıldığında yüksek seviyede tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: Kadmiyum, bitkide ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), en yüksek 2. istasyonda (0.281-yaprak) ve en düşük 5. istasyonda (0.007-gövde) tespit edilmiştir. Kadmiyum, toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden) en yüksek 2. istasyonda (1.038) ve en düşük 5. istasyonda (0.108) tespit edilmiştir. Kadmiyumun ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 0.1-0.5 ve bitkilerde 0.05-0.5 arasındadır (Barker ve Pilbeam, 2007). Cd seviyesi, toprakta 2. istasyon hariç (normal sınırların üzerinde) bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer alsa da 2. istasyondaki seviyesi diğer istasyonlara göre göreceli olarak yüksektir. Cd seviyesinin, *A. dracunculus* yaprak (1. ve 5. istasyonlar hariç- normalin altında), gövde (1., 4. ve 5. istasyonlar hariç-normal sınırların altında) ve kökte (4. ve 5. istasyonlar hariç-normalin altında) istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer aldığı halde 2. ve 3. istasyonlarda genel bir artış trendi gözlenmektedir.

Yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: Krom, bitkide ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), en yüksek 1. istasyonda (2.108-kök) ve en düşük 5. istasyonda (0.280-gövde) tespit edilmiştir. Krom, toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden) en yüksek 1. istasyonda (57.491) ve en düşük 5. istasyonda (12.271) tespit edilmiştir. Kromun ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 5-120 ve bitkilerde 0.1-0.5 arasındadır. Krom seviyesi, toprakta bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer almaktadır.

Ama diğler istasyonlarla karşılaştırıldığında 1. istasyonda Cr seviyesinin yüksek olduğu görölmektedir. *A. dracunculus* gövdede (4. ve 5. istasyonlarda normal sınırların içerisinde) ve kökte bütün istasyonlarda normal sınırların üzerinde yer alsada yaprakta 2., 4. ve 5. istasyonlarda (1. ve 3. istasyonlarda normal sınırlar içerisinde) normal sınırların içerisinde tespit edilmiştir. Diğler istasyonlar ile karşılaştırıldığında Cr seviyesinin 1. ve 3. istasyonlardaki yükseklik göze çarpmaktadır.

Yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: Demir, bitkide ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), en yüksek 1. istasyonda (1955.264-kök) ve en düşük 1. istasyonda (123.864-gövde) tespit edilmiştir. Demir, toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden) en yüksek 1. istasyonda (35091.025) ve en düşük 5. istasyonda (13305.410) tespit edilmiştir. Demirin ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 5000-50000 ve bitkilerde 10-1000 arasındadır. Demir seviyesi, toprakta bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer alsada yaprakta 3., 4. ve 5. istasyonlarda (1. ve 2. istasyonlarda normal sınırlar içerisinde) ve kökte 1., 3. ve 4. istasyonlarda (2. ve 5. istasyonlar normal sınırlar içerisinde) normal sınırların üzerinde tespit edilmiştir. Kontrolle karşılaştırıldığında Fe seviyesinin radyasyonun fazla olduğu alanlarda düştüğü gözlenmiştir. Buda özellikle bitki için önemli olan fotosentez gibi olayların seviyesinin düştüğü anlamına gelir.

Potasyum, bizim çalışmamızda: bitkide ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), en yüksek 1. istasyonda (49014.109-yaprak) ve en düşük 2. istasyonda (5454.459-gövde) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Potasyum, en yüksek 1. istasyonda (10595.913) ve en düşük 5. istasyonda (3889.793) tespit edilmiştir. Potasyumun ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 5000-25000 (ortalama 12000) ve bitkilerde normal sınırları 10000-50000 arasındadır (Unver ve Anac, 2013). Potasyum seviyesi genelde, bitkide yaprakta, gövdede (1. ve 3. istasyonlar) ve kökte normal sınırlar içerisinde kaldığı tespit edilsede, gövdede 2., 4. ve 5. istasyonlarda ve kökte 5. istasyonda normal sınırlara yakın yada altında kalmıştır. Toprakta ise potasyum seviyesinin, 2., 4. ve 5. istasyonlarda normal sınırların altında kaldığı halde 1. ve 3.

istasyonlarda normal sınırlar içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir. Yine radyasyon seviyesinin yüksek olduğu istasyonlarda K seviyesinin yüksekliği dikkati çekmektedir.

Magnezyum, bizim çalışmamızda: bitkide ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), en yüksek 3. istasyonda (4897.913-yaprak) ve en düşük 2. istasyonda (754.996-gövde) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Magnezyum, en yüksek 1. istasyonda (13221.910) ve en düşük 2. istasyonda (2710.528) tespit edilmiştir. Magnezyum ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 300-8000 ve bitkilerde normal sınırları 1500-10000 arasındadır (Barker ve Pilbeam, 2007; Unver ve Anac, 2013). Mg seviyesi, toprakta 1. istasyon (normalden yüksek) hariç diğer istasyonlarda normal seviyenin içerisinde yer almaktadır. Mg seviyesinin; bitkide, yaprakta ve kökte (2. ve 5. istasyonlar hariç-normal sınırların altında) bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde kaldığı halde gövdede normal sınırların altında bulunduğu gözlenmiştir. Radyasyon seviyesinin yüksek olduğu istasyonlarda Mg seviyesinin düşmesi dikkati çekmektedir.

Nikel, bizim çalışmamızda: bitkide ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), en yüksek 3. istasyonda (5.532-kök) ve en düşük 1. istasyonda (0.346-gövde) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Nikel, en yüksek 1. istasyonda (33.742) ve en düşük 5. istasyonda (8.641) tespit edilmiştir. Nikelin ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 5-50 ve bitkilerde normal sınırları 0.2-10 arasındadır. Ni seviyesi, toprakta bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer aldığı görüldüğü gibi 1. istasyondaki Pb seviyesindeki yükseklik dikkati çekmektedir. Ni seviyesinin, *A. dracunculus* yaprak, gövde ve kökte, bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir.

Kurşun, bizim çalışmamızda: bitkide ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), en yüksek 1. istasyonda (3.042-kök) ve en düşük 1. istasyonda (0.405-gövde) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Kurşun, en yüksek 1. istasyonda (32.635) ve en düşük 5. istasyonda (22.127) tespit edilmiştir. Kurşun ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 10-30 ve bitkilerde normal sınırları 0.2-8 arasındadır (Barker ve Pilbeam, 2007). Pb seviyesi, toprakta 1. istasyon hariç (normal sınırların üzerinde) bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer aldığı görülmüştür. Pb seviyesinin, *A. dracunculus* yaprak, gövde ve kökte, bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir.

Çinko, bizim çalışmamızda: bitkide ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), en yüksek 1. istasyonda (119.281-yaprak) ve en düşük 2. istasyonda (13.817-gövde) tespit edilmiştir. Toprakta ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden): Kurşun, en yüksek 1. istasyonda (73.492) ve en düşük 5. istasyonda (29.844) tespit edilmiştir. Çinko ( $\text{mg.kg}^{-1}$  DW cinsinden), toprakta normal sınırları 10-300 ve bitkilerde normal sınırları 20-200 arasındadır. Zn seviyesi, toprakta bütün istasyonlarda normal sınırlar içerisinde olmasına rağmen diğerlerine göre 1. istasyondaki yükseklik dikkati çekmektedir. Zn seviyesinin, *A. dracuncululus* yaprakta ve kökte (4. istasyon hariç-normal sınırların altında) normal sınırlar içerisinde yer alsada, gövde de (1. istasyon hariç-normal sınırlar içerisinde) bütün istasyonlarda normal sınırların altında olduğu tespit edilmiştir. Kontrole (5. istasyon) ile 1. istasyon arasında karşılaştırılma yapıldığında Zn seviyesinin bir düşüş trendi gösterdiği görülmüştür.

Genel anlamda, atık deposunun bulunduğu 1. istasyonda bazı elementler için artışların ve bazı elementler için düşüşlerin en yüksek seviyede gerçekleştiği alan olmuştur. Elimizdeki veriler bize 1. istasyondan 3. ve 4. istasyonlara doğru sızıntı olduğunu işaret etmektedir. Atık deposunun bulunduğu alanda radyasyon seviyesi normalin çok üzerinde yüksek tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışma bitkisinde mineral elementlerin bitkiye alımlarında bazıları için artış ve bazıları için düşüşler yaşanması bize bunun sebebinin radyasyon seviyesinin yüksekliğinden kaynaklandığı fikrine götürmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Angelini, S. (2010). Environmental Issues in Central Asia. TEN Center, Venice International University, 46 pages.
- [2] Aleshin, U. G., Torgoev, I. A. and Losev, V. A. (2000). Radiation ecology of Mayly Suu. Bishkek "Ilim", 96 p.(Rus).
- [3] *Artemisia dracunculus* L. - Classification United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=andr4>
- [4] Baetov, R. (2006). Lake Issyk-Kul Experience and Lessons Learned Brief. [www.worldlakes.org](http://www.worldlakes.org)
- [5] Barker, A.V. & Pilbeam, D.J. (2007). Handbook of plant nutrition (Vol. 117). CRC press. pp. 415-416.
- [6] Baumeister, W. ve Ernst W. (1978). Mineral substances and plant growth. Stuttgart, German Federal Republic: Gustav Fischer Verlag.
- [7] Bergmann, W. (1992). Nutritional Disorders of Plants: Development, New York. Visual and Analytical Diagnosis, s. 695.
- [8] Blum, W. E. H., Horak, O., Mentler, A. ve Puschenreiter, M. (2004). Trace elements. Environmental and Ecological Chemistry, Sabljic A.(Editor). Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Oxford, UK.
- [9] Bogdetsky, V., Stavinskiy, V., Shukurov, E. ve Suyunbaev, M. (2001). Mining Industry and Sustainable Development in Kyrgyzstan. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), No. 110.
- [10] Bowen, H. J. M. (1979). Environmental chemistry of the elements. London, UK: Academic Press
- [11] Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment, Technical Report Series, No. 405, IAEA, 2001.
- [12] Didem Türközü, Fikret Yaşar, Ş. Ellialtıoğlu, Bünyamin Yıldırım «Tarhun (*Artemisia Dracunculus* L.) Bitkisinin Doku Kültürü Yoluyla Çoğaltılması Üzerinde Çalışmalar» Year 2014 (300 – 308)
- [13] Djenbaev, B.M., Kaldybaev, B.K. ve Toktoeva, T.E. (2012). Radioecological research in areas of technical Issyk-Kul region. Perspectives of peaceful use of nuclear energy, The fifth international conference. Book of abstracts; Baku (Azerbaijan), 21-23 Nov 2012, Vol. 44, Issue 4 (1).

[14] Edel V. (1998). Polymerase chain reaction in mycology; an overview, In: Applications of PCR in mycology, Bridge P.D., Arora D.K., Reddy C.A. and Elander R.P. (eds), *CAB International*, Cambridge, 1-20.

[15] ENVISEC, 2007. Environment and Security Initiative ENVSEC-Summary of the Regional Environment and Security Meeting, Ashgabat, 17-18 September 2007, ENVSEC.

[16] ENVISEC, 2008. Environment and Security - Transforming risks into cooperation - The case of the Eastern Caspian Region, ENVISEC.

[17] Epstein, E. (1972). Mineral Nutrition of plants: principles and perspectives. London, UK: John Wiley and Sons.

[18] Epstein, E. (1994). The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings National Academy of Sciences of the United States of America 91: 11–17.

[19] Epstein, E. (1999). Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50, 641-664.

[20] Eroğlu, A. and Aksoy, N. (2003). Jeotermal Suların Kimyasal Analizi. in Toksoy, M.(ed.), Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri Temelleri ve Tasarımı MMO Yay., İzmir 149-183.

[21] Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkezi, İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi (ICP-MS), Akdeniz Üniversitesi (2017). <http://gidaarge.akdeniz.edu.tr/cihazlar.i31.induktif-olarak-eslestirilmis-plazma-kutle-spektrometresi-ic>

[22] Gülpınar, Y. (2012). Tarhun bitkisinin (*Artemisia dracunculus* L.) Wistar Albino Ratlarda Oluşturulmuş Akut Karaciğer Toksik Hasarına Karşı Koruyucu ve Tedavi Edici Etkisinin Araştırılması. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 48, Gaziantep.

[23] Gupta M., Chyi Y. S., Romero-Severson J., Owen J. L. (1994). Amplification of DNA markers from evolutionarily diverse genomes using single primers of simple sequence repeats, *Theor. Appl. Genet.*, 89: 998-1006.

[24] Hadjamberdiev, I. (1996). Computer-cartography estimation on health-dangerous locus in Tien-Shen, In: Proc. 9th regional conf. IUAPPA, “Environment Impact Assessment”, Prague, v. 4, pp. 703–705.

[25] Hadjamberdiev, I. and Tuhvatshin, R. (2002). Health disorder as consequence of environment disorder, In: Proc. Int conf. “Ecological Emergency in Kyrgyzstan”, Bishkek: OSCE, pp. 104–106.

[26] Ibrayev, N. S. and Gusev, B. I. (1995). Regarding the environmental condition in the Semipalatinsk Region, Healthcare of Kazakhstan, chapter 7: 39–40.

[27] Kacar, B. & Katkat, A. V. (2007). Plant nutrition. Nobel publication, (849), 29.

[28] Kenesariyev, U., Bekmagambetova, Z., Zhakashov, N., Sultanaliyev, Y. and Amrin, M. (2007). Assessing the hazards of radiological and environmental factors for the public health in the western Kazakhstan. Impact of Pollution on Animal Products, NATO Science for Peace and Security Series, Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

[29] Lekarev, V.S. (1967). Uranium biochemical chains in areas with different content of uraniumn Kandidat Dissertation, Moscow (in Russian), 112 pp.

[30] Osman, A.G., & Kloas, W. (2010). Water quality and heavy metal monitoring in water, sediments, and tissues of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) from the river Nile, Egypt. Journal of Environmental Protection, 1, 389.

[31] Özyiğit, I.I., Vardar, F., Yaşar, U., Akinci, S. (2013) Long-Term Effects of Aluminum and Cadmium on Growth, Leaf Anatomy, and Photosynthetic Pigments of Cotton. Communications in Soil Science and Plant Analysis Volume 44, Issue 21

[32] Palesski, S. V., Nikolaeva, I. V., Saprykin, A. I. ve Gavshin, V. M. (2003). Assessment of contamination of the Issyk-Kul valley natural waters with uranium mine wastes. *Journal De Physique IV*. 107: 1013-1015.

[33] Rachinsky, V.V., 1991, Dose dependence of biological impact of radiation is the scientific foundation of radiation safety. Social After-Effects of the Chernobyl Disaster, In “The Thesis and the Speech at the Scientific Conference Based on the Launching of the Chernobyl” – Socium Program, Moscow, 17–18, December 1991, Agricultural Academy, Moscow, pp. 48–51.

[34] Schlotterer, C. (2004). The evolution of molecular markers-just a matter of fashion? *Nat. Rev. Genet.*, 5: 63-69.

Torgoev, I. A. ve Aleshin, Y. G. (2001). Ecology of mining complex of Kyrgyzstan, Bishkek.

[35] Torgoev, I. A. ve Tynybekov, A. K. (2001). Estimation of the risk of dangerous natural processes on southern coast of Issyk-Kul lake, p.p.174-179. International conference “Human health and environment strategies and programs in new millenium”, 14-16 May 2001, Bishkek-Cholpon-Ata, Kyrgyz Republic.

[36] Tuhvatshin, R., Hadjamberdiev, I. and Bikhovchenko, J. (2007). Uranium pollution of meat in Tien-Shan. Impact of Pollution on Animal Products, NATO Science for Peace and Security Series, Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

[37] Tynybekov, A. K. ve Emil kyzy, A. (2002). Problem of Risk Modeling: Influence of Uranium Storage on Environment. Environmental Communication in the Information Society - Proceedings of the 16th Conference, EnviroInfo (Wien).

[38] Uslu, I. (2003). Environment Radioactivity and Ongoing Surveillance Programme in Turkey. Proceedings of the Second Eurasian Conference, Nuclear Science and its Application, 16-19 September 2002, Almaty, Republic of Kazakhstan.

[39] Unver, I. & Anac, D. (2013). Toprak Bilgisi ve Bitki Besleme, Second Edition, Anadolu University Press, Eskişehir, Türkiye. 201-211.

[40] Yıldız, A. & Genç, Ö. (1993). Enstrümental Analiz. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, A-64.

[41] Wikipedia (2017). [www.wikipedia.org/wiki/Nükleer\\_enerji](http://www.wikipedia.org/wiki/Nükleer_enerji)



## 7. ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Asel Turgunbaeva  
Uyruğu: Kırgız  
Doğum Tarihi ve Yeri: 01.05.1993  
Calal-Abad bölge, Çatkal il.Aygır-Cal ilçe.  
Medeni Durumu: Evli  
Tel: +996779743917 +996554208206  
Email: [turgunbaevna.asel@gmail.com](mailto:turgunbaevna.asel@gmail.com)  
[manasbekovna.asel@mail.ru](mailto:manasbekovna.asel@mail.ru)  
Yazışma adresi: [turgunbaevna.asel@gmail.com](mailto:turgunbaevna.asel@gmail.com)

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	KTMU	
Lisans	KTMU	2016-2017
Lise	İsmail uulu Matis	2011-2012

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2013-2014	Akdeniz Üniversitesi, Türkiye	stajer
2017-....	Devlet okulu No-95	biyoloji öğretmeni

### YABANCI DİL

Rusça,  
Türkçe  
İngilizce

### YAYINLAR

1. Тургунбаева А. М., Илхан Д., Ибрахим И. О., Курманбекова Г. Т., Этем О., Кыдыралиева Б. У., Али О. С., Чекиров К. Б. Влияние загрязнения, вызванного радиационным излучением урана, на минеральное питание растений вида *Artemisia dracunculus* // Молодой ученый. — 2018. — №50. — URL <https://moluch.ru/archive/236/54881/> (дата обращения: 19.12.2018).

