

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

**KASTAMONU YÖRESİNDE ARAZİ KULLANIM
FARKLİLİĞİNİN (ORMAN-ÇAYIRLIK-TARIM ALANLARI)
TOPRAK KARBON VE AZOT TUTULUMUNA OLAN
ETKİLERİ**

Züleyha MARAL

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ
Yrd. Doç. Dr. Burak ARICAK
Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

KASTAMONU – 2016

TEZ ONAYI

Züleyha MARAL tarafından hazırlanan "**Kastamonu Yöresinde Arazi Kullanım Farklılığının (Orman-Çayırılık-Tarım Alanları) Toprak Karbon ve Azot Tutulumuna Olan Etkileri**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.


Danışman

Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ
Kastamonu Üniversitesi

.....


Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK
Artvin Çoruh Üniversitesi

.....


Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Burak ARICAK
Kastamonu Üniversitesi

.....


11/02/2016

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK

.....


TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.


Züleyha MARAL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KASTAMONU YÖRESİNDE ARAZİ KULLANIM FARKLILIĞININ (ORMAN-ÇAYIRLIK-TARIM ALANLARI) TOPRAK KARBON VE AZOT TUTULUMUNA OLAN ETKİLERİ

Züleyha MARAL
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

Arazi kullanımı önemli derecede toprak özelliklerini etkilemekte ve uygun olmayan uygulamalar toprağın ve çevre kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Kastamonu Bölgesinde gerçekleştirilen bu çalışmada, farklı arazi kullanımının (orman, ziraat ve otlak alanlar) bazı toprak özellikleri, karbon ve azot depolama oranları üzerine olan etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Uludağ göknar meşcereleri ile bitişiğindeki otlak ve ziraat alanları bu amacı gerçekleştirmek ve bazı toprak özellikleri ile karbon ve azot depolama oranlarını belirlemek amacıyla seçilmiştir. Mineral toprak örnekleri iki farklı toprak derinlik kademesinden (0-10 cm ve 10-20 cm) alınmış ve bu örneklerin toprak tekstürü, su tutma kapasitesi, tuzluluk, kireç miktarı, organik madde, fosfor ve potasyum konsantrasyonu yanında toplam karbon ve azot miktarları gerçekleştirilmiştir. Toprak karbon ve azot depolama kapasitesi ise toprak hacmi, toprak hacim ağırlığı değerleri ile toplam karbon ve azot miktarlarının çarpımından hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, ziraat alanlarının en düşük karbon ve azot miktarına, en az karbon ve azot depolama kapasitesine ve en düşük Karbon/Azot oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Orman ve otlak alanlar ise birbirine yakın sonuçlar göstermiştir. Genel olarak, 0-20 cm toprak derinliği dikkate alındığında, ortalama karbon depolaması en yüksek orman alanı altındaki topraklarda bulunmuş ($47,7 \text{ Mg C ha}^{-1}$), bunu sırasıyla çayır ($47,0 \text{ Mg C ha}^{-1}$) ve tarım alanları toprakları ($28,2 \text{ Mg C ha}^{-1}$) takip etmiştir. Ortalama azot depolaması ise en yüksek çayır alanlarında ($6,90 \text{ Mg N ha}^{-1}$) belirlenirken bunu sırasıyla ormanlık alanlar ($6,82 \text{ Mg N ha}^{-1}$) ve ziraat alanları takip etmiştir ($5,53 \text{ Mg N ha}^{-1}$). Sonuçlar aynı zamanda, toprak karbon depolama kapasitesi ile toprak Karbon/Azot oranı arasında önemli bir ilişkinin olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Karbon, azot, orman, çayır, tarım, toprak, arazi kullanım farklılığı.

2016, 60 sayfa
Bilim Kodu:1205

ABSTRACT

MSc.Thesis

EFFECT OF DIFFERENT LAND USE (FOREST-GRASSLAND-CULTIVATED SITES) ON SOIL CARBON AND NITROGEN STOCKS IN KASTAMONU REGION

Züleyha MARAL
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

Land use strongly influences soil properties and unsuitable practices lead to degradation of soil and environmental quality. The aim of this study was to assess the impact of different land uses (forest, cultivated and grassland sites) on some soil chemical properties, carbon (C) and nitrogen (N) stock rates in Kastamonu, Turkey. Uludag fir stands and adjacent grassland and cultivated sites were used to study the differences in some soil properties and soil C and N stock rates. Mineral soil samples were taken from 0-10 cm and 10-20 cm soil depths, and analyzed for texture, pH, water holding capacity, salt, lime, organic matter, P and K concentrations, total soil carbon and total nitrogen. The total soil carbon and total nitrogen pools were then calculated by multiplying soil volume, soil bulk density, and the total soil carbon or total nitrogen content. Results showed the cultivated site had lowest soil carbon and nitrogen contents, carbon/nitrogen ratios and stock rates compared to the forest and grassland which had similar results. In general, when 0-20cm soil depth was considered, mean soil carbon stock rate was the highest under fir (47,7 MgC ha⁻¹) followed by grassland (47,0 MgC ha⁻¹) and cultivated site (28,2 MgC ha⁻¹), whereas mean soil nitrogen stock rate was the highest under grassland (6,90 MgN ha⁻¹) followed by fir (6,82 Mg N ha⁻¹) and cultivated site (5,53 MgN ha⁻¹). There was also significant relationship between soil carbon stock capacity and soil C/N ratios of soils.

Keywords: Carbon, nitrogen, forest, grassland, cultivated site, soil, land use change.

2016, 60 Pages

Science Code: 1205

TEŞEKKÜR

"Kastamonu Yöresinde Arazi Kullanım Farklılığının (Orman-Çayırılık-Tarım Alanları) Toprak Karbon ve Azot Tutulumuna Olan Etkileri" isimli bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma süresince destek ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın laboratuvar aşamasında bilgi ve tecrübesinden faydalandığım Sayın Arş. Gör. Gamze SAVACI'ya teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasında yardımını esirgemeyen (Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü) Şube Müdürü Sayın Hasan BULDU'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince özellikle manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen ve arazi çalışmalarımda yardımcı olan(Ayancık Orman İşletme Müdürlüğü) Sayın Cihan TAHMAZ'a de teşekkür ederim.

Yine bu günlere gelmemde çok büyük emekleri olan, hayatım boyunca bana her türlü konuda destek veren çok sevgili kardeşim Mahir Kerim MARAL'a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın doğa, toprak ve ormanlarla ilgilenen herkese faydalı olması ve yapılacak yeni araştırmalara katkı sağlaması en büyük dileğimdir.

Züleyha MARAL
Kastamonu, Şubat, 2016

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLOLAR DİZİNİ	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xii
HARİTALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği	3
1.2. İklim Değişikliği Konusunda Uluslararası Anlaşmalar	6
1.3. Küresel Karbon Döngüsü.....	6
1.4. Toprakta Karbon Tutulumu	8
1.5. Arazi Kullanımının Toprak Karbon Tutulumuna Etkisi	11
2. LİTERATÜR ÖZETİ	14
2.1. Arazi Kullanımındaki Farklılıkların Toprak Özellikleri ve Karbon Tutulumuna Etkisi Üzerine Dünya’da Yapılan Çalışmalara Bir Bakış	14
2.2. Arazi Kullanımındaki Farklılıkların Toprak Özellikleri ve Karbon Tutulumuna Etkisi Üzerine Türkiye’de Yapılan Çalışmalara Genel Bir Bakış	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1. Çalışma Alanı Hakkında Bilgi	20
3.2. Çalışma Alanının İklimi.....	22
3.3. Çalışma Alanının Jeolojik Yapısı.....	24
3.4. Çalışma Alanlarında Yapılan Çalışmalar.....	26
3.4.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması.....	27
3.5. Laboratuvarında Yapılan Çalışmalar	29
3.5.1. Toprak Örnekleri Üzerinde Yapılan Çalışmalar	30
3.6. İstatistik Analizi	32
4. BULGULAR.....	33
4.1. Çalışma Alanının Toprak Özelliklerine Ait Bulgular	33
4.2. Çalışma Alanının Karbon ve Azot Miktarlarına Ait Bulgular	34
5. TARTIŞMA	41
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

C	Karbon
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
CH ₄	Metan
N ₂ O	Diazotmonoksit
CFC-11	Kloroflorokarbon-11
CFC-12	Kloroflorokarbon-12
Çs	Sarıçam
D	Doğu
G	Göknar
Gt	Cigaton
H ₂ O	Su
Ha	Hektar
K	Kuzey
Kg	Kilogram
Mg	Magnezyum
m	Metre
m ³	Metreküp
Mg	Megagram (Ton)
N	Azot
NaOH	Sodyum hidroksit
NMVOCs	Metan dışı organik uçucu karbonlar
NO _x	Karbonmonoksit
NO ₂	Azot dioksit
NO ₃	Nitrat
OH _o	Hidroksil radikalleri
PO ₄	Fosfat
Ppb	Milyarda kısım
Ppt	Binde kısım
Ppm	Milyonda kısım
pH	Ortamın Reaksiyonu
SF ₆	Kükürthekzaflorid
SO ₂	Kükürtdioksit
SO ₃	Kükürttrioksit
SO ₄	Sülfat
S	Kükürt
Tg	Teragram (Milyon ton)
%	Yüzde

Kısaltmalar

BM	Birleşmiş Milletler
BMİDÇS (UNFCCC)	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BM	Birleşmiş Milletler
ÇOB	Çevre ve Orman Bakanlığı
DOE	Amerikan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
GPG-LULUCF	Ormancılık için Pratik Rehber
HA	Hacim ağırlığı
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
LULUCF	Arazi Kullanım, Arazi Kullanım Değeri ve Ormancılık Kılavuzu
NIR	Ulusal Sera Gazları Envanter Raporları
TK	Toprak kütlesi
TN	Toplam azot
TOC	Toplam organik karbon
TOM	Organik Madde Miktarı
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Sera Etkisinin Açıklayan Şematik Görünüm	3
Şekil 1.2. Ülkemizde 1990-2005 Yılları Arasındaki Sera Gazı Emisyon Miktarları	5
Şekil 1.3. Küresel Karbon Döngüsü ve 1850-2000 Yılları Arasındaki Değişim	8
Şekil 1.4. Toprakta Karbon Döngüsü.....	9
Şekil 4.1. Orman-Tarım Ve Çayırılık Alanlara Ait Toprakların 0-10 Cm Derinlik Kademesindeki C Depolama Kapasitesi.....	36
Şekil 4.2. Orman-Tarım Ve Çayırılık Alanlara Ait Toprakların 10-20 Cm Derinlik Kademesindeki C Depolama Kapasitesi.....	37
Şekil 4.3. Orman-Tarım Ve Çayırılık Alanlara Ait Toprakların 0-20 Cm Derinlik Kademesindeki C Depolama Kapasitesi.....	37
Şekil 4.4. Orman-Tarım Ve Çayırılık Alanlara Ait Toprakların 0-10 Cm Derinlik Kademesindeki N Depolama Kapasitesi.....	38
Şekil 4.5. Orman-Tarım Ve Çayırılık Alanlara Ait Toprakların 10-20 Cm Derinlik Kademesindeki N Depolama Kapasitesi.....	38
Şekil 4.6. Orman-Tarım Ve Çayırılık Alanlara Ait Toprakların 0-20 Cm Derinlik Kademesindeki N Depolama Kapasitesi.....	39
Şekil 4.7. Orman-Tarım Ve Çayırılık Alanlara Ait Toprakların Farklı Toprak Derinlik Kademelerine Göre C/ N Oranı	39
Şekil 4.8. Orman-Tarım Ve Çayırılık Alanlara Ait Toprakların (0-20 Cm Derinlik Kademesinde) Karbon Depolama Kapasiteleri İle Toprak Karbon/Azot (C/N) Oranları Arasındaki İlişki	40

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Sera Gazlarının Kaynakları, Sanayi Devriminden Sonraki Değişim Oranları ve Atmosferdeki Ömürleri	4
Tablo 3.1. Kastamonu İl'ine Ait 1975-2010 Yılları Arasındaki Bazı İklim Verileri	23
Tablo 4.1. Çalışılan Arazi Kullanım Çeşitleri İle Toprağın Tekstürü.....	33
Tablo 4.2. Çalışılan Arazi Kullanım Çeşitleri İle Mineral Horizonlarına Ait Bazı Bilgiler	34
Tablo 4.3. Ormanlık Alanlar, Çayırılık Alan Ve Tarım Topraklarının Ortalama Karbon, Azot Miktarı, Hacim Ağırlığı, Toprak Karbon Ve Azot Depolama Kapasitesi Ve Karbon/Azot Oranı (C/N).....	35

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	Sayfa
Fotoğraf 3.1. Ormanlık Alana Ait Bozulmuş Toprak Örneklerinin Alındığı Profillerden Biri	26
Fotoğraf 3.2. Çayırılık Alana Ait Bozulmuş Toprak Örneklerinin Alındığı Profillerden Biri	27
Fotoğraf 3.3. Araziden Alınan Bozulmuş Toprak Numuneleri	28
Fotoğraf 3.4. Toprak Numunelerinin Laboratuvarında Kurumaya Bırakılması	28
Fotoğraf 3.5. Toprak Numunelerinin Hava Kuru Hale Getirilmesi	29
Fotoğraf 3.6. Hava Kuru Hale Gelen Toprak Numuneleri	29
Fotoğraf 3.7. 2 mm'lik Elekten Geçirildikten Sonra Analiz İçin Naylon Poşetlere Konulmuş Toprak Numuneleri	30

HARİTALAR DİZİNİ

	Sayfa
Harita 3.1. Çalışma Alanının Türkiye Haritasında, Kastamonu İl Haritası ve Orman Amenajman Haritalarındaki Konumu	21
Harita 3.2. Kastamonu İl'ine Ait Jeoloji Haritası	25



1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği son yıllarda Dünya'nın gündemindeki en önemli konulardan biri olmuştur. Sanayi devrimi sonrası endüstrinin hızla gelişmesiyle kimyasalların, fosil yakıt tüketiminin artması ve doğal kaynakların aşırı tahribi, ormanların azalması özellikle de tropikal yağmur ormanlarındaki aşırı tahribat, orman alanlarının tarım ve mera alanlarına dönüştürülmesi ve tarımsal alanlarda toprağın aşırı işlenmesi gibi insan faaliyetleri sonucu atmosferdeki sera gazlarının miktarında önemli derecede artışlar görülmüştür. Sera gazları miktarındaki bu artışlar sera etkisine ve dolayısıyla küresel ısınmaya neden olmaktadır. Küresel ısınma ise Dünya'nın iklimsel dengelerinin değişmesine yol açmaktadır. Son 150 yılda yeryüzü sıcaklığında yaklaşık 0,4-0,8°C kadar artış gözlemlenmiştir. 1990 yılına göre ortalama yeryüzü sıcaklığında 2100 yılına gelindiğinde bu artışın 1-3,5 °C arasında olacağı tahmin edilmektedir. Ortalama sıcaklıklardaki bu artışa bağlı olarak yaşanacak iklim değişikliği sonucunda buzullarının eriyeceği ve deniz seviyesinin yükseleceği, su sıkıntılarının yaşanacağı, Kuzey Amerika'da oluşacak kum fırtınalarının tarımı olumsuz etkileyeceği, canlı türlerinin neslinin yüzde 30 oranında tükelmesi tehlikesiyle karşı karşıya kalacağı öngörülmektedir (Intergovernmental Panel on Climate Change = Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli [IPCC], 2001, 2007). Sera gazları arasında küresel ısınmada en çok karbondioksitin etkili olduğu bilinmektedir. Atmosferdeki karbondioksit, Güneş'ten gelen kısa dalgalı ışınları geçirmekte, ancak yeryüzünden yansıtılarak geri dönen uzun dalgalı ışınları tutarak yeryüzünün ısınmasına yol açmaktadır. Atmosferdeki karbondioksit miktarı sanayi devriminden önce 280 ppm civarındayken, 2005 yılında bu değer 379 ppm değerine yükseldiği görülmüştür (IPCC, 2007). 2006 yılında ise bu değer 381 ppm'e ulaştığı ve 2000-2006 yılları arasındaki yıllık ortalama artışın 1,93 ppm değerinde olduğu tespit edilmiştir (Canadell vd., 2007).

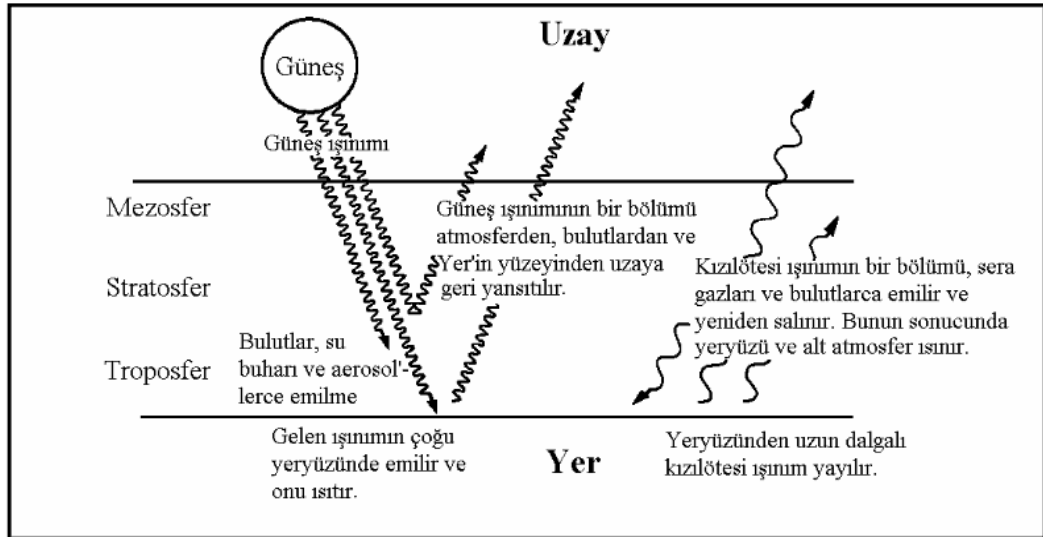
İklim değişikliğini önlemek ve atmosfere salınan karbondioksit ile diğer sera gazlarının miktarını azaltmak için Dünya çapında çeşitli çalışmalar başlatılmış ve hükümetlerarası sözleşmeler yapılmıştır. Bu sözleşmelerde sera gazlarının atmosferdeki miktarlarının azaltılması yönünde kararlar alınmıştır. Bu kararlar, sera

gazı emisyonlarının sınırlandırılması, fosil yakıtların yerine bitkisel kütle kullanımının sağlanması ve karbon yutaklarında depolanan karbon miktarının artırılması yönünde ilkelere dayanmaktadır.

Dünyada hızlı nüfus artışıyla birlikte, Sanayi Devriminden sonrası hızla büyüyen sanayileşme ve şehirleşmenin sonucu olarak doğal kaynaklara olan talepler de oldukça artmıştır. Artan bu taleplerin karşılanması sırasında orman ekosistemlerinin yok edilmesi, tarım alanları ve yerleşim alanlarına dönüştürülmesi ve sanayileşme sonucu fabrika bacaları, arabaların egzozları, kimyasal kullanımının artışı vb. nedenlerle atmosfere salınan sera gazları ve özellikle de CO₂ miktarının arttığı Dünya'nın farklı Ülkelerinde yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalar oldukça azdır. Ülkemizin farklı bölgelerinden, farklı iklim özellikleri, arazi yapısı ve farklı ağaç türlerine sahip olan alanlardaki arazi kullanımındaki değişikliklerin toprak karbon ve azot miktarı üzerine olası etkilerine yönelik yapılacak çalışmalar, Ulusal düzeyde topraklarımızın toplam karbon ve azot kapasitesinin ve depolama potansiyellerinin daha sağlıklı olarak ortaya konulmasında önem kazanacaktır. Bu amaçla, Yüksek Lisans tezi olarak sunduğumuz bu çalışmada Kastamonu yöresinde farklı arazi kullanımının karbon tutulmasına etkisi orman-tarım ve çayır alanlarında çalışılarak belirlenmiştir. İlerleyen bölümlerde konunun daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla öncelikle küresel ısınma ve iklim değişikliği, iklim değişikliği konusunda uluslararası anlaşmalar, küresel karbon döngüsü, topraklarda karbon birikimi, orman-çayır-ziraat topraklarının karbon biriktirme potansiyelleri, arazi kullanımındaki değişmelerin karbon tutulmasına etkisi üzerine dünyada yapılan çalışmalara genel bir bakış, arazi kullanımındaki değişmelerin karbon tutulmasına etkisi üzerine Türkiye'de yapılan çalışmalara genel bir bakış hakkında literatür bilgileri derlenmiştir. Sonrasında araştırma yapılan alanlara ait genel bilgiler verilmiş, alanda ve laboratuvarında yapılan çalışmalar ve yapılaş şekillerine ait açıklamalarda bulunulmuştur. Yapılan açıklamalardan sonra örnekleme yapılan toprakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine uygulanan istatistiksel analizler sonucunda elde edilen bulgular verilerek, bu bulguların tartışması yapılmıştır. Son olarakta elde edilen sonuçlardan yola çıkarak bazı önerilerde bulunulmuştur.

1.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Küresel ısınma, günümüzde insan faaliyetleri sonucunda atmosferdeki sera gazlarının dögüsel dengelerin üstünde seyretmesine bağılı olarak, yeryüzünün ortalama sıcaklıklarında normal değerlerin üstünde görölen artıştır. İklim sistemi, Ozon tabakasının incilmesi, Güneş yüzeyinde oluşun manyetik fırtınalar, Dünya ekseninde görölen kayma ve sapmalar ile güneşin etrafındaki yörüngesinin basıklaşması gibi doğaletkenlerden etkilenmektedir. Bunlarınyanında fosil yakıt kullanımı, sera gazları oluşumu, şehirlerin ısı adası etkisi ve smog gibi insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen yapay nedenlerden de etkilenmektedir. Atmosferdeki gazlar Güneş'ten gelen ışınlarına karşı geçirgen, yeryüzünden geri yansıyan uzun dalgalı ışınlara karşı ise çok geçirgen değildir. World Health Organization [WHO](1996 akt. Türkeş, 1999) tarafından şekil 1.1.'de gösterildiği gibi Güneş'ten yeryüzüne gelen ışınların bir kısmı ozon tabakası ve atmosferdeki gazlar tarafından tutulurken, bir kısmı ise atmosferden, yeryüzünden ve bulutlardan geri yansır. Geri yansıyan bu ışınlar atmosferdeki sera gazları ve bulutlar tarafından emilerek Dünya'yı ısıtmaktadır. Ancak atmosferdeki sera gazlarının artmasıyla sıcaklıkta da normalden fazla bir artış meydana gelmektedir. Bu olay, Güneş ışınlarıyla ısınan ama içindeki ısıyı dışarıya bırakmayan seralara benzediği için sera etkisi olarak adlandırılmaktadır (Türkeş, Sümer ve Çetiner, 2000).



Şekil 1.1. Sera etkisini açıklayan şematik görünüm(WHO, 1996 akt. Türkeş, 1999) Sera gazları doğrudan ve dolaylı olmak üzere ikigruptasınıflandırılmıştır (IPCC, 2001). Doğrudan etkili sera gazları karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Diazotmonoksit

(N₂O), Kloroflorokarbonlar (CFC-11 ve CFC-12)'dir. Dolaylı sera gazları ise Azotoksitler (NO_x), Karbonmonoksit (CO), Hidroksilradikalleri (OH_o), Metan dışı organik uçucu karbonlar (NMVOCs),Kükürthekezafloirid (SF₆) veKükürtdioksit (SO₂)'dir (URL-1, 2015).İklim sisteminin değişiminde en önemli etkiye sahip olan sera gazları doğrudan etkiliolanlardır.Doğrudan etkili olan sera gazlarının oluşum kaynakları,sanayi devrimi öncesi atmosferik konsantrasyonları, yıllık değişim oranları ve atmosferik ömürleri IPCC (2001, akt. Babuş, 2005)'e göre Tablo 1.1'de verilmiştir.

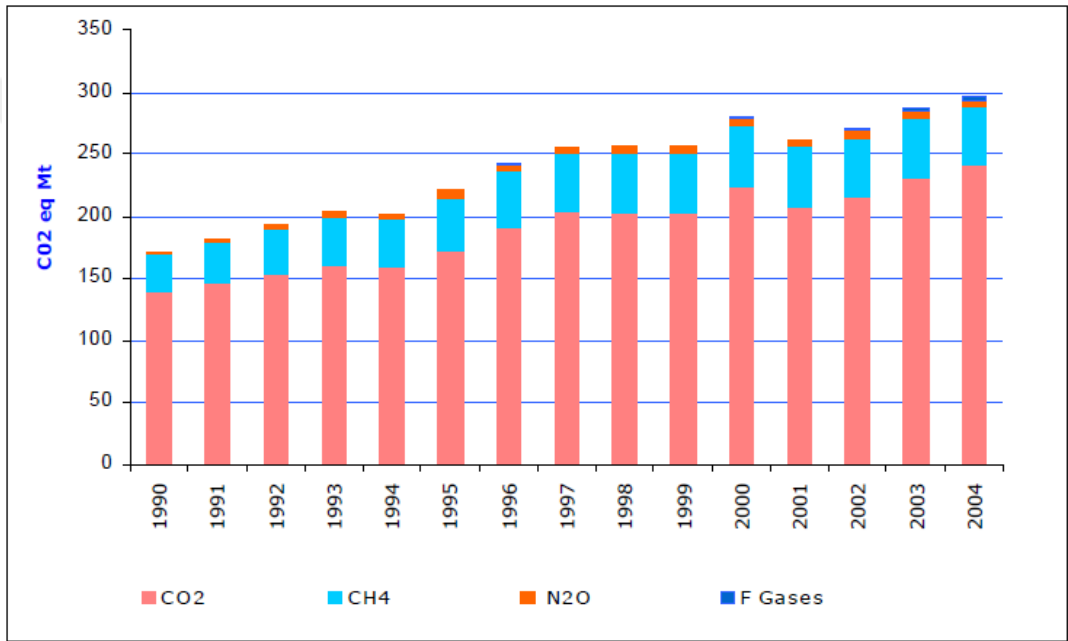
Tablo 1.1.Sera gazlarının nedenleri, sanayi devrimi sonrası değişim oranlarıve atmosferdeki ömürleri

Başlıca Sera Gazları	Kaynakları	Sanayi Devrimi Öncesi Konsantrasyonları (1750)	1998 Yılı Konsantrasyonları	1990-1999 Arasında Yıllık Değişim Oranı	Atmosferik Ömrü (yıl)
CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> Fosil yakıt kullanımı Ormansızlaşma ve arazi kullanımındaki değişiklikler 	280 ppm	365 ppm	1,5 ppm/yıl	5-200
CH ₄	<ul style="list-style-type: none"> Pirinç üretimi Biomass (ağaç, atık) yakımı ve çürümesi Doğal gaz salınımı ve boruların çürümesi Sığır ve koyun çiftliklerindeki hayvanların midelerinde oluşan fermentasyon Gübre yığınları, çöp depolama bölgeleri 	700ppb	1745 ppb	7,0 ppb/yıl	12
N ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> Tarımda azotlu gübre kullanımı Naylon üretimi Fosil yakıtların kullanımı Termik santraller Otomobil egzozları 	270 ppb	314 ppb	0,8 ppb/yıl	114
CFC-11	<ul style="list-style-type: none"> Buzdolaplarındaki soğutucu maddeler Çözücüler 	0	268 ppt	-1,4 ppt/yıl	45
CFC-23	<ul style="list-style-type: none"> Sprey kutularındaki iticiler Sert ve yumuşak köpük üretimi 	0	143 ppt	0,55 ppt/yıl	260

Tablo 1.1'de de görüldüğü gibi, insan etkileri sonucu atmosfere salınan sera gazları konsantrasyonları, sanayi devrimi öncesi döneme göre önemli oranda artış göstermiştir. Yıllık artış oranı 1,5 ppm ile CO₂, en çok yıllık artış oranına sahip olan

sera gazı olmuştur. CFC-11 sera gazının salınımı Montreal Protokolü ile denetim altına alındığından yıllık salınım miktarında 1,4 ppt oranında bir azalış olmuştur. Sera gazlarının atmosferik konsantrasyonlarındaki artış kadar, bu gazların atmosferde kalma süreleri de oldukça önemlidir. Tablo 1.1’de görüldüğü gibi CO₂’in atmosferik ömrü 5 ile 200 yıl arasındadır (Türkeş vd., 2000).

Ülkemizdeki sera gazı emisyon miktarlarının 1990-2005 yılları arasındaki değişimi Şekil 1.2.’de verilmiştir(Şahin, 2007).



Şekil 1.2. Ülkemizde 1990-2005 yılları arasındaki sera gazı emisyon miktarları

Şekil 1.2 incelendiğinde, küresel iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının yıllar itibariyle Ülkemizde de önemli miktarda artış olduğu görülmektedir. Dünya ülkelerinde olduğu gibi en büyük artış ülkemizde de CO₂ miktarındadır.

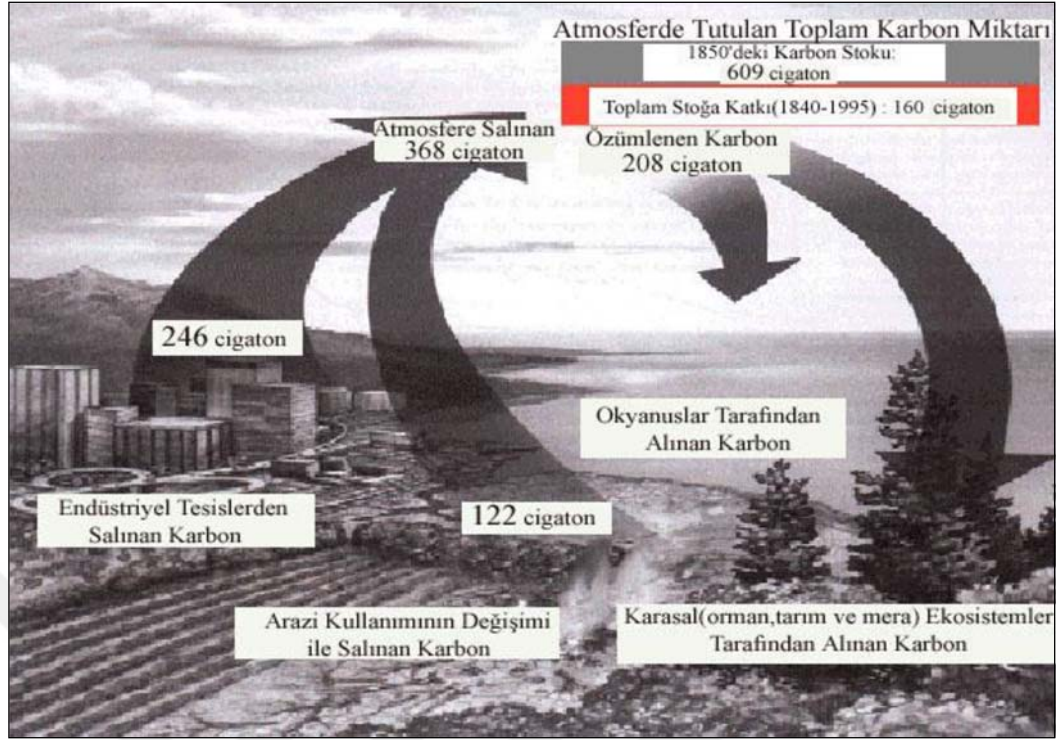
1.2. İklim Değişikliği Konusunda Uluslararası Anlaşmalar

Karbondioksit ve diğ er sera gazlarının atmosferdeki miktarlarında görülen hızlı artış, iklim değ iş ikliğ ine olumsuz etkilerinin önlenmesi amacıyla sera gaz emisyonlarının sınırlandırılması yönünde uluslararası önlemler alınmasını gerektirmiştir. Bu amaçla 1992 yılında imzalanan Birleş miş Milletler İklim Değ iş ikliğ i Ç erç eve Sözleş mesi (BMİDÇS) ile sera gazı emisyonlarının, iklim değ iş ikliğ ine olan negatif etkisinin azaltılması, karbondioksit ve diğ er sera gazı emisyon değ erlerinin 1990 yılı seviyesinde tutulması hedeflenmiştir. 1997’de imzalanan Kyoto Protokolü ile de sera gazı emisyonlarının azaltılması veya sınırlandırılması amacıyla karbon emisyon ve tutulum değ erlerinin belirlenmesi zorunlulu hale gelmiştir. Kyoto Protokolü’ne göre emisyonlarını azaltmayan ülkeler, emisyonlarını azaltan ülkelere kotalarını satın alabilecektir. Bu karar kamuoyunda “karbon borsası” olarak bilinmektedir. Kyoto protokolüne taraf ülkeler yıllık olarak orman, tarım, enerji vb. sektörlerdeki sera gazı emisyonları ile bağ lanan miktarları hakkında ulusal envanterlerini hazırlamaktadırlar. Türkiye İklim Değ iş ikliğ i Ç erç eve Sözleş mesi’ni 2004 yılında, Kyoto Protokolünü 2009 yılında kabul etmiştir. 2006 yılında iç erinde Türkiye’nin de bulunduğu yaklaşık 40 ülke ulusal raporlarını hazırlamıştır (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2008). Sera gazları ile ilgili olarak hazırlanan envanterlerde, IPCC tarafından hazırlanan “Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değ iş ikliğ i ve Ormancılık için Pratik Rehber” esas alınmaktadır (IPCC, 2003).

1.3. Küresel Karbon Döngüsü

Karbon devri ya da karbon döngüsü, karbonun atmosfer, denizler ve karasal biyosferler arasındaki biyojeokimyasal döngüsüdür. Bu üç karbon havuzundan en büyüğü okyanuslardır. Okyanuslarda su yaşamının çoğunu 50-100 m’ye kadar olan üst kısım oluşturur. Okyanusların üst kısımları ile atmosfer ve karasal ekosistemler (yeş il bitkiler, canlılar ve toprak) arasında yıllar veya on yıllarla ölçülen "hızlı" bir karbon döngüsü söz konusudur. Okyanusların derin kısımları ile olan döngü ise çok daha yavaş olup, yüzlerce yıl sürebilmektedir. Karbon ekosistemlerdeki canlıların yapısını oluşturan en önemli elementlerden biridir ve canlılardaki bütün organik bileş iklerin yapısında bulunmaktadır. Atmosferde CO₂, sularda CO₂ ve HCO₃⁻, karalarda ise genellikle kömür, petrol ve kireç taş ının yapısında bulunur.

Atmosferdeki CO₂ bitkiler tarafından fotosentezde kullanılarak oksijenve organik bileşiklere dönüştürülür. Fotosentezle organik besinlerin yapısına geçen karbon, bütün canlılar tarafından enerji ve yapı hammaddesi olarak kullanılır. Solunum ile deCO₂ olarak atmosfere geri verilir. Organik bileşiklerin yapısına katılan karbonun bir kısmı mineral olarak toprakta birikir ya da ölü bitki ve hayvanların organik atıkları halinde toprağa katılır. Toprakta karbonayrıştırıcılar tarafından ayrıştırılır veya kömür, petrol gibi fosil yakıtların kullanımı ile tekrar CO₂ olarak atmosfere döner. Bu noktada fosil yakıtların aşırı kullanımı ile atmosferdeki aşırı CO₂ birikimi sera etkisi oluşturarak sıcaklığı artırmakta ve iklim değişikliğine neden olarak olmaktadır. Bunun sonucunda kutuplardaki buzulların erime tehlikesi doğmaktadır. İnsanların doğal kaynaklara aşırı müdahaleleri sonucunda atmosfere CO₂ ve CH₄ gazı formunda aşırı miktarda karbon eklenmektedir. Fosil yakıtların kullanılması (kömür, petrol ve doğal gaz) neticesinde jeokimyasal kısımlarda (kayalarda ve derin okyanus sularında) tutulan önemli miktardaki karbon atmosfere geçmektedir. Toprakta tutulan karbon ise, ormanların ve meraların tahrip edilmesi veya bu alanların tarım ya da yerleşim alanına dönüştürülmesi ya da tarımsal faaliyetlerin sonucunda normal durumda ayrışma ile olacak miktardan daha fazla miktarda atmosfere karbondioksit olarak salıverilmektedir. Karasal ekosistemlerde bitki örtüsünde depolanmış olan karbon 500 milyar ton, topraklarda depolanan karbon miktarı 2bin milyar ton (1 m derinliğindeki topraklar) ve okyanuslarda depolanmış olan karbon miktarı ise yaklaşık 39 bin milyar ton kadardır (Janzen, 2004). Karbon yeryüzündeki tortul kayalarda ve deniz diplerinde büyük miktarlarda CaCO₃ gibi değişik formlarda inorganik olarak da depolanmış durumdadır. Ancak, küresel karbon döngüsü açısından inorganik formdaki karbon önemli değildir. IPCC araştırmalarına göre salınan CO₂'in emildiği yutaklar Şekil 1.3.'de görünmektedir (Liosa, 2001 akt. Macaroğlu, 2011).

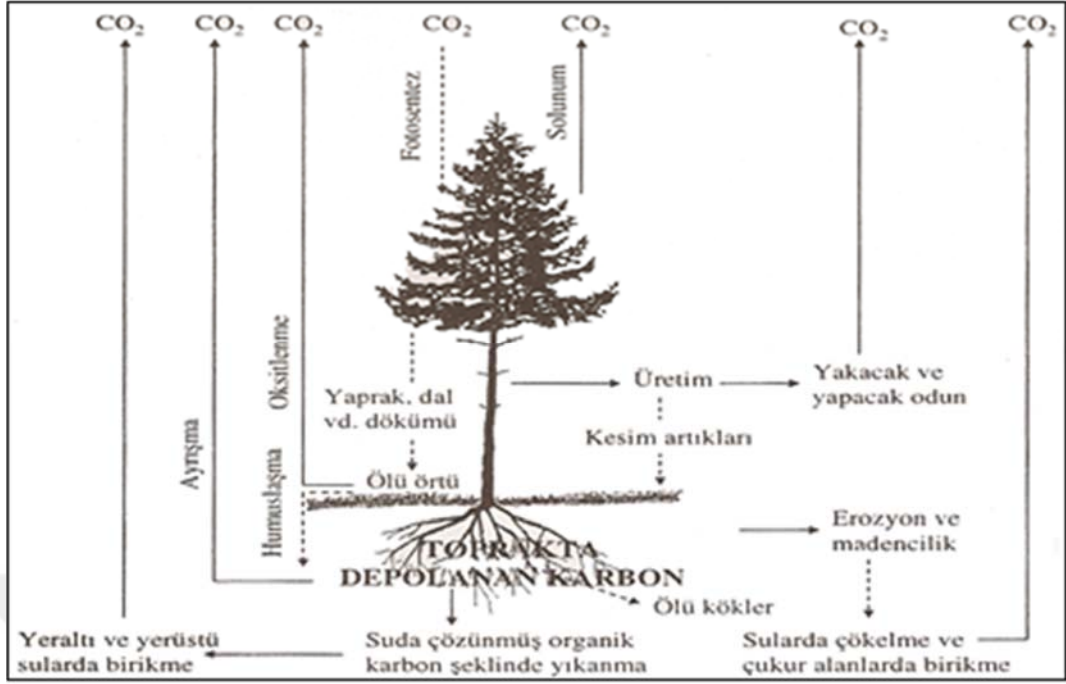


Şekil 1.3. Küresel karbon döngüsü ve 1850-2000 yılları arasındaki değişim

Şekil 1.3.'e göre, Bu dönem boyunca atmosfere 246 cıgatonu fosil yakıt kullanımından, 122 cıgatonu arazi kullanım değişikliğinden olmak üzere 368 Gt CO₂ salınmıştır. Salınan CO₂'nin 208 Gt'u okyanuslar ve karasal ekosistemler tarafından bağlanmıştır. Böylece 1850 ile 2000 yılları arasında atmosferdeki CO₂ miktarı 160 Gt bir artış göstermiştir.

1.4. Toprakta Karbon Tutulumu

Toprak ekosisteminde karbon döngüsü, karbondioksitin bitkiler tarafından atmosferden tutulması ve fotosentez ile organik bileşiklerin sentezi sonrasında bitkisel organik kalıntılar veya primer (otçul) ve daha üst düzey tüketicilere (etçil) aktarılan kısımdan dışkı ve kavrulara aktarılan kısmının toprakta mikroorganizmalarca ayrıştırılması ve tekrar karbondioksit şeklinde atmosfere verilmesini tanımlamaktadır. Bitkilerin fotosentez yaparak atmosferden aldıkları CO₂ yapılarında organik bileşiklere dönüşür, daha sonra toprağa karışan bu organik bileşikler toprakta uzun süre depolanabilir.



Şekil 1.4 Toprakta karbon döngüsü (Lal, 2004 akt. Tolunay ve Çömez, 2008)

Toprakta organik maddenin kaynağı bitkisel ve hayvansal kalıntılardır. Topraktaki ölü örtü mikroorganizma faaliyetleri yardımıyla ya oksitlenme ya da humuslaşma ile ayrışmaktadır. Ölü örtüdeki organik maddelerin ayrışmasında etkili olan faktörler, sıcaklık, hava, nem, besin maddeleri (tuzlar) ve ortamın reaksiyonu (pH) gibi etkenlerdir. Bu şartların optimum olması durumunda organik maddelerin yavaş yavaş ve tam olarak yanması (oksidasyonu) sonucunda karbon CO_2 (karbondioksit)'e, hidrojen H_2O (su)'ya, azot NO_2^- (azotdioksit)'e ve NO_3^- (nitrat)'a, kükürt SO_3^{2-} (sülfid)'e ve SO_4^{2-} (sülfat)'a, fosfor PO_4^{3-} (fosfat)'a dönüşerek atmosfere geri dönmektedir. Oksidatif ayrışma, organik maddelerin yavaş yavaş ancak tam olarak ayrışması (oksidasyonu) durumudur (Kantarıcı 2000). Oksitlenme sırasında organik maddelerin yapısındaki bitki besin elementleri mineralizasyon süreçleri sonucunda (Mg, Fe, N, S vb.) serbest hale geçmektedir (Sarıyıldız, 2015; Sarıyıldız ve Küçük 2009; Schachtschabel, Brümmer, Hartge ve Schwertmann, 2007). Gerekli şartlardan birisinin optimumdan uzaklaşması halinde organik maddelerin ayrışması engellenmektedir (Sarıyıldız, Akkuzu, Küçük, Duman ve Aksu, 2008; Sarıyıldız ve Küçük 2008). Oksitlenmenin olmadığı durumda organik maddeler çürüyüp humuslaşarak ayrışmaktadır. Organik maddenin humuslaşarak ayrışmasına da "humifikasyon" denilmektedir (Kantarıcı, 2000). Humuslaşma sırasında toprakta ölü

örtüdeki yüksek polimer bileşikler öncelikle yapı taşlarına parçalanmaktadır. Bundan sonra toprak hayvancıkları tarafından parçalanıp, kısmen de yenilmektedir. Parçalanmış maddeler mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak değişime uğratılmaktadır. Selüloz ve lignin miktarı fazla olan ölü örtü kısımlarının ayrışması daha çok uzun sürede meydana gelmektedir. Toprakta Lignin ve selüloz mantarlar ve bakteriler tarafından ayrıştırılmaktadır (Sarıyıldız, 2003, 2008ab; Schachtschabel vd., 2007).

Toprak organik karbon miktarında, toprak özelliklerinin yanında birçok çevre faktörünün de ortak etkisi söz konusudur. Toprak organik karbon miktarını, toprağa geri dönen toprak üstü ve toprak altı bitkisel ve hayvansal kütle miktarı, organik maddenin ayrışma derecesinde etkili olan toprak nemi ve sıcaklığındaki değişimler, C/N oranı ve lignin içeriğindeki farklılıklar nedeniyle organik maddenin ayrışabilirliği, toprak işleme sebebiyle oluşan toprak kırıntılaşması ve organik maddenin azalması, toprak erozyonu gibi faktörler etkilemektedir. Örneğin killi toprakların organik karbon içerikleri kumlu topraklara göre daha yüksektir. Bunun nedeni, killerin organik maddeyi tutarak ayrışmaya karşı dirençli hale getirmeleridir (Neufeld vd., 2002; Dexter, 2004). Eğimin yüksek olduğu yerlerde ölü örtü ve toprağın üst kısmı erozyonla taşındığı için karbon toprakta daha az depolanabilmektedir (Sarıyıldız, Anderson ve Küçük., 2005; Sarıyıldız ve Küçük, 2008). İklim ve eğim özellikleri bakımından aynı olan kuzey yamaçlardaki toprakların organik madde içeriği güney yamaçlardaki topraklara göre daha yüksektir (Fanning, D.S. ve Fanning, M.C.B., 1989). Bunun nedeni kuzeye bakan yamaçlarda karın daha yavaş erimesi, suyun toprağa sızması, erozyonun daha az olması ve dolayısıyla kuzey yamaçlarındaki toprakların daha derin olmasıdır. Derin topraklarda daha yoğun bitki örtüsü bulunduğu için daha fazla organik maddenin toprağa katılması söz konusudur. Ayrıca kuzey yamaçlar daha nemli olduğundan, toprakta organik madde ayrışması daha yavaş olmakta ve neticede toprakta daha fazla organik karbon depolanmaktadır. Toprak organik maddesinin miktarını etkileyen önemli faktörlerden birisi de iklimdir. Yıllık yağış ve buharlaşma miktarı, atmosferik buhar basıncı, gece ve gündüz sıcaklık farkı, mevsimler arası sıcaklık farkı ve güneşten gelen radyasyonun niceliği ve niteliği ve kuraklık indeksi bir yöredeki bitki örtüsü, toprağa katılan organik madde miktarı, organik maddenin oksitlenme hızı ve neticede toprak organik karbon miktarını etkileyen önemli faktörlerdir (Vogt, Grier ve Vogt, 1986; Körner,

1989; Vitousek, 1994). Toprakta organik madde kaynağı genellikle ölü örtü olduğundan toprağın üst kısmında (Ah-horizonu) organik madde miktarı fazla olmaktadır ancak derinlik arttıkça organik karbon miktarı azalma göstermektedir (Sarıyıldız, Savacı ve Kravkaz, 2015). Ölü örtüde bulunan organik maddeler ya ayrışarak CO₂ şeklinde atmosfere döner ya da ölü örtünün ayrışması neticesinde oluşan humus ile diğer ayrışma ürünleri yağış suları ile sızarak ya da biyolojik faaliyet sonucunda toprağa karıştırılmaktadır (Kantarcı 2000; Sarıyıldız ve Anderson, 2003ab, 2005, 2006, 2006). Böylece organik karbon toprakta depolanmaktadır.

Bakteriler ve mantarlar gibi toprak canlılarının toprak organik karbonunun ayrıştırılmasında önemli rolü bulunmaktadır (Sarıyıldız vd., 2015ab). Toprak canlıları tarafından toprak içindeki organik maddelerin ayrıştırılması sırasında karbonun CO₂ olarak atmosfere dönmesine “toprak solunumu” denilmektedir. Topraktaki karbonun bir kısmı ise çözülmüş organik karbon şeklinde sızıntı suları ile yıkanarak, yeraltı suları, akarsular, göller ya da denizlere taşınarak burada birikebilmektedir.

1.5. Arazi Kullanımının Toprak Karbon Tutulumuna Etkisi

Toprak organik madde kaynağı olan ölü örtü ormanlık alanlarda daha yoğun, tarım ve otlak alanlarında ise daha zayıftır. Orman ekosisteminde toprakta daha fazla karbon depolanmasının nedeni ölü örtü bakımından daha zengin olmasıdır. Tarım alanlarında daha az karbon depolanmasının nedeni ise, bitkisel materyalin uzaklaştırılması ve devamlı toprak işleme ile toprağın havalanması nedeniyle organik maddenin daha fazla ayrışması dolayısıyla depolanan karbonun atmosfere salınmasıdır. Arazi kullanımında meydana gelen değişimler, toprak organik karbon miktarının azalmasındaki en önemli nedenlerden sayılmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2008; Sarıyıldız vd., 2015).

Atmosferdeki karbondioksitin organik madde haline dönüşmesi bitkilerin yaprak miktarı arttıkça daha hızlı olmaktadır. Orman ekosistemleri meralara ve tarımsal alanlara göre daha fazla bitki ve daha fazla yaprak miktarına sahip olduklarından daha fazla CO₂ tüketmektedir. Karbon, ağaçların gövdeleri, dalları yaprakları ve köklerinden oluşan canlı biyokütle ile ölü örtü, toprak organik maddesi ve diğer

maddelerden oluşan cansız biyokütlerde ve ayrıca orman ürünlerinde depolanmaktadır (Zengin, 2007; Sarıyıldız, 2015).

Ormanların tarım alanlarına dönüştürülmesi durumunda, ölü örtünün ortadan kalkması ile toprak organik madde kaynağının yok olması, toprakta depolanan karbon miktarının azalması, toprakların işlenmesi ile organik maddenin daha da hızlı ayrışması ve erozyon riskinin artması ile organik madde miktarınca zengin üst toprakların taşınması söz konusu olacaktır. Vejetasyon ve organik karbondeneyin erozyona karşı dirençli olmasını sağlayarak, toprağın tutma kapasitesini ve besin maddesini artırmaktadır. Topraklardaki işleme süresi ve sıklığının artmasıyla organik karbon daha da azalmaktadır. Topraklardaki bazı mikroorganizmalar salgıları ve filamentleri ile toprak taneciklerinin daha iri kırıntılar halinde bağlanmasına neden olurlar. Bu parçacıklara “agregat” adı verilir. Agregatlar, toprak yaşamı ve fiziksel koşullar açısından çok önemlidir. Şöyleki, toprağın erozyondan korunması, toprak neminin korunması ve kimyasal reaksiyonların niteliklerine kadar birçok toprak olayında etkili olmaktadır. Mann (1986) tarafından yapılan bir çalışmada ormanların ve meraların tarım alanına dönüştürülmesi ile toprak organik karbon miktarının % 20 oranında azalma gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, doğal bir ekosistemin tarım arazisine dönüştürülmesi ile organik karbon miktarının yaklaşık % 50-60 oranında azaldığı tespit edilmiştir. (Buyanovsky, Kucera ve Wagner, 1987; Paul, Paustian, Elliot ve Cole, 1997; Sotomayor ve Rice, 1999; Koçyiğit ve Rice, 2004). Sandra, Thomas, Jens ve Peter (2008) tarafından yapılan çalışmada bir mera alanında tarım yapılmaya başlandığında organik karbon miktarında ilk yedi yılda ani bir düşme olduğu, 12 yıl sonra toprakta yeniden bir denge olduğu tespit edilmiştir. Potter ve Derner (2006) tarım yapılan bir alanın otlığa dönüştürülmesiyle üst kısımlarda organik karbon miktarının arttığını, alt kısımlarda ilk 30 yılda önemsiz bir artış olduğunu, topraktaki organik karbon miktarının ilk 20 yılda endüyük seviyeye düştüğünü, aynı toprakta organik karbon miktarını en yüksek seviyeye çıkması için ise yaklaşık yüz yıl gibi bir zaman gerektiğini tespit etmişlerdir. Bunların yanında uygun arazi yönetim sistemleri uygulanarak karbonun toprakta depolanması ile yılda yaklaşık 1 ila 3 milyar ton karbon depolanabildiği bildirilmiştir (U.S. Department of Energy [DOE], 2000). Ormanlar, karasal ekosistemlerde vejetasyondaki karbonun %80-%90’ı, topraktaki karbonun da %30-40’ını depolamaktadır (Harvey 2000;

Landsberg ve Gower 1997). Bu nedenle orman ekosistemleri karbon depolama kapasiteleri bakımından önem arz etmekte, ormanlık arazilerin artırılması karbon depolanmasını arttırmak, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonlarını azaltmak için etkili bir yol olarak görülmektedir. Karbondioksitin depolandığı en önemli doğal ekosistemler Tropikal ormanlardır ve tropikal ormanların tahrip edilmesi atmosfere salınan CO₂'in % 20'si kadardır (IPCC, 2001). Hem düşük maliyetle hem de kısa sürede atmosferdeki yüksek CO₂ konsantrasyonunu kontrol altına almanın en kolay yolu karbonun toprakta depolanmasını sağlamaktır. Karbonun toprakta depolanması maliyeti, bazı endüstri kurumları, ülkeler ve sivil toplum örgütleri tarafından karşılanabilmektedir. Bu şekilde üreticiye yapılan ödemeler karbon kredisi olarak adlandırılmakta olup gelişmiş ülkelerde uygulamaya konulmaktadır. Ülkemizin hazırladığı sera gazı envanterlerinde orman ekosistemlerinin bağladığı yıllık karbon miktarı sadece vejetasyon için hesaplanmakta olup, topraklarda biriktirilen karbon miktarı ise "0" kabul edilmiştir (Tolunay ve Çömez, 2008). Bunun nedeni, Ülkemizde topraklarda biriktirilen karbon miktarının belirlenmesine yönelik yeterince çalışma bulunmamasıdır. Bu nedenle bu çalışmada toprak özelliklerinin özellikle hacim ağırlığını da dikkate alarak orman, tarım ve çayırılık alan topraklarında daha hassas çalışma yapılarak toprakların karbon tutulumuna etkisi hesaplanmaya çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Arazi Kullanımındaki Farklılıkların Toprak Özellikleri ve Karbon Tutulumuna Etkisi Üzerine Dünya’da Yapılan Çalışmalara Genel Bir Bakış

Grerup, Brink ve Brunet (2006) Güney İsveç’te yaptıkları çalışmada uzun süre toprak işlenmesi yapılan bir arazi ile ormanlık bir alanda toprağın kimyasal özelliklerindeki değişimleri incelemişler toprak işleme yapılan alanlarda topraklarda karbon ve azot miktarları ile asitliğin azaldığını, fosfor miktarının ise arttığını tespit etmişlerdir.

Lal (2005) tarafından yapılan bir çalışma sonucunda, küresel olarak orman topraklarının ortalama yılda 0,4 ton/ha karbon biriktirdikleri belirtilmektedir.

Zhao, Xiao ve Liu(2004)doğal bir otlak alanında yapılan toprak işleme uygulamalarının sonucunda toprakta bozulmalar olduğunu, toprak tekstürünün kabalaştığını ve toprak organik karbon miktarının azaldığını tespit etmişlerdir.

Lal(2004)tarım topraklarınınbaşlangıç karbonunun %50-66 kaybettiğini, bunun da 42 ila 78 Gt C’aeşdeğer olduğunu belirlemiştir.

Jaiyeoba (2003) Nijerya’dayaptığı bir çalışma ile ormanlık bir alanda toprak işleme yapılmasıyla zamanla toprak tekstürünün kabalaştığını, organik madde, toplam azot, yarayışlı fosfor miktarlarınınve katyon değişim kapasitesinin ise azaldığını tespit etmiştir.

Dunjo, Pardini,ve Gispert (2003) Kuzey İspanya’da yeni kurulmuş bağ ve zeytin ağaçlarının bulunduğu toprak işleme yapılan alanlar ile 5 yıllık sık ve seyrek bodur ağaçların olduğu araziler,25 yıllık seyrek meşe ve sık zeytin ağaçlarının olduğu alanlar ve 50 yıllık sık meşe ve çam ağaçlarının olduğu alanlar olmak üzere dört farklı kullanım çeşitlerindeki alanlarda yaptıkları çalışmalar neticesinde, toprak işleme yapılmış veya yeni terk edilmiş arazilerde, toprak organik madde, azot miktarlarının

ve su tutma kapasitesinin diğer arazi kullanım çeşitlerine göre daha düşük değerde olduğunu tespit etmişlerdir.

Neufeldt, Resck, ve Ayarza(2002) Brezilya’da birbirine bitişik mera, orman ve tarım alanlarında yaptıkları bir çalışmada, toprak organik madde miktarlarının killi topraklarda daha yüksek olduğunu, tarım arazisi ve çam ormanında toprak organik madde miktarının azaldığını, merada ve okaliptüs ormanında ise organik maddenin arttığını tespit etmişlerdir.

Saviozzi, Minzi, Cardellive Riffaldi (2001) İtalya’da birbirine bitişik konumda bulunan 45 yıllık sereçte tahıl yetiştirilen bir tarım arazisi, kavaklık bir alan ve doğal otlakalanındayaptıkları bir çalışmada, organik karbon miktarının tarım alanında mera alanına göre % 70, kavaklık alana göre %60, toplam azot miktarının ise tarım alanında mera alanına göre %15 ve kavaklık alana göre %26 daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

Wang, Fu, Qiu ve Chen (2001) Çin’de yaptıkları çalışmada farklı arazi kullanımı altındaki topraklarda yapmış oldukları çalışmada toprak organik maddesinin orman, fundalık ve meraalanlarında, nadasa bırakılmış ve tarım alanlarından daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Tropikal yağmur ormanlarının kesilmesi ve bu alanların tarım ekosistemlerine dönüştürülmesi bir yılda atmosfere 1,6-1,7 Pg karbon salınmasına yol açmaktadır (IPCC, 2000).

Post ve Kwan (2000) ağaçlandırma yapılmış bir alanda yıldan yıla farklılık göstermekle birlikte ortalama 0,596 t C ha⁻¹ yıl⁻¹ birikiminin sağlandığını ortaya koymuştur.

Kosmas, Gerontidisve Marathianou (2000)yaptıkları bir çalışmada, uzun süre toprak işleme yapılan bir tarım arazisinin mera alanına dönüştürüldükten sonraki toprak organik madde miktarının daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Chenu, Bissonnais, Besnard, Arias ve Arrouyas (1999) orman toprakları ile işlemeli tarım yapılan topraklarda yaptıkları çalışmada organik karbon miktarının tarım alanı topraklarında azaldığını tespit etmişlerdir.

Riezebos ve Loerts (1998) Güney Brezilya'da yaptıkları çalışmada, ormanlık bir alanın tarım alanına dönüştürülmesi ile sonra organik madde miktarının azaldığını ve mekanik toprak işleme yapılmasının geleneksel toprak işlemeye göre organik madde miktarının daha fazla azalmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir

Ellert ve Gregorich (1996) yaptıkları çalışma ile sıcak bölgedeki orman topraklarının tarıma açılmasıyla 30 yıl içerisinde toprakta A ve B horizonlarında bulunan karbon miktarının %30-35'inin kaybedildiğini tespit etmişlerdir.

Johnston, Homann, Engstrom ve Grigal (1996) Orta doğu Minnesota'da yaptıkları çalışmada bozulmuş tarım topraklarının ağaçlandırılmasıyla 40 yıldan fazla bir sürede, toprak organik karbon stoğunda ortalama 0,8 Mg C (ha/ yıl) oranında bir artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Whitbread, Lefroy ve Blair (1996) yaptıkları bir çalışmada tarıma açılmamış otlak alanında toplam karbon miktarının %3,74 iken, bu oranın ekili alanda %1,66'ya düştüğünü, topraktaki mikroagregat miktarının toprak işlemeyle % 8,3 oranında arttığını, tarım alanlarının erozyona daha eğilimli olduğunu ve tarım yapılan toprakta, makro agregatlarda (>250 µm) ise önemli bir düşüş olduğunu tespit etmişlerdir.

Haynes ve Swift (1990); Haynes, R.J., Swift, R.S. ve Stephen, R.C. (1991) yaptıkları çalışmada 4 yıl işlemeli tarım yapılan daha sonra 4 yıl mera olarak kullanılan alanda mikrobiyal biyokütle karbon ve agregat dengesinin işlemeli tarım yapılan dönemde büyük oranda azalırken mera döneminde hızla arttığını tespit etmişlerdir.

Hart, August, Ross ve Julian (1988) yaptıkları çalışma ile sürüm yapılan topraklarda ilk 5 yılda, mikrobiyal biyokütle karbonun toplam organik karbondan daha hızlı bir şekilde azaldığını tespit etmişlerdir.

Jenkinson (1971) tarafından yapılan çalışmada bir tarım alanının meşe ormanına dönüştürülmesiyle yılda 0,596 ton C ha⁻¹kadar bir artış olduğu saptanmıştır.

2.2. Arazi Kullanımındaki Farklılıkların Toprak Özellikleri ve Karbon Tutulumuna Etkisi Üzerine Türkiye’de Yapılan Çalışmalara Genel Bir Bakış

Demirci(2008) tarafından Tokat’ta yapılmış olan bir çalışmada yıllardır geleneksel toprak işleme yöntemiyle işlenen topraklardaki karbon ve azot’un fraksiyonlarındaki değişme, tarım arazisi ile doğal (mera ve orman) arazilerinden alınan toprak örnekleri incelenmiş ve bualanlarda organik karbon ve azotun depolandığı agregat fraksiyonları ve bu fraksiyonlardaki arazi kullanımına bağlı değişimler ve bunların biyolojik karbon fraksiyonlarıyla olan (mineralize olabilen, mikrobiyal ve ayrışmaya dayanıklı havuzlar) ilişkileri belirlenmiştir. Arazi kullanımındaki değişime bağlı olarak toprakların kuru hacim ağırlığı, organik madde ve kireç içerikleri önemli derecede ($p < 0.05$) etkilenmiştir. Toplam organik karbon miktarı işlemeli tarım yapılan alanda mera ve orman toprağına göre daha düşük bulunmuştur. Biyolojik ve fiziksel karbon fraksiyonları da arazi kullanımından etkilenmiştir. Mikrobiyal biokütle karbon ve azot ve mineralize olan karbon ve azot toprak işlemeyle önemli derecede düşmüş ve bunu mera ve orman toprağı takip etmiştir. Fiziksel karbon fraksiyonları arazi kullanımından etkilenmiş ve makro agregat miktarı ve makro agregatlara bağlı organik karbon miktarı orman toprağında en yüksek bulunmuştur. En yüksek mikro agregat miktarı mera toprağında belirlenirken mikro agregatlara bağlı organik karbon miktarı yine en yüksek orman toprağında gözlemlenmiştir.

Tolunay ve Çömez(2008) Ülkemiz orman topraklarında depolanan karbon miktarlarını değerlendirmek amacıyla yaptıkları bir çalışma ile topraktaki organik karbon stoğu üzerinde etkili olan faktörleri incelemiş ve bu konuda ülkemizde yapılan çalışmaları değerlendirilerek, değişik orman topraklarında depolanan karbon miktarlarının 0,8-448 ton/ha arasında değiştiğini, ağırlıklı ortalamasının ise 77,8 ton/ha olduğu hesaplamışlardır.

Kara ve Bolat (2008) Bartın İli'nde yaptıkları bir çalışmada orman ve tarım farklı arazi kullanım biçimleri altındaki üst toprakların (0-5 cm) mikrobiyal biyokütle karbon ve azot içeriklerini araştırılmışlardır. İncelenen toprakların ortalama mikrobiyal biyokütle karbon içeriklerinin orman alanında tarım alanına göre yaklaşık iki kat fazla olduğunu, mikrobiyal biyokütle azot miktarlarının ise ortalama olarak orman alanında tarım alanına göre üç kat fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Göl (2007) Çankırı İli, Yapraklı İlçesi, Yukarıöz Beldesi, Ulu Dere Havzasında bakının ve farklı arazi kullanım çeşitlerinin (tarım, orman, mera) toprağın fiziksel özellikleri, toprak organik karbon depolama ve küresel iklim değişikliği üzerine etkilerini araştırmıştır. Aynı yükselti, ana kaya ve bitki örtüsüne sahip Kuzey ve Güney bakıda iki alanda toplam 18 adet toprak profili açılmıştır, toprak profilleri genetik esasa göre değerlendirilmiş, 0-8cm ve 8-20cm derinliklerden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Örnekler üzerinde toprak organik karbon ve bazı fiziksel-kimyasal analizler yapılmıştır. Her iki bakıda orman topraklarında karbon birikimi mera ve tarım topraklarından daha yüksek olduğu, karbon oranlarının Kuzey bakıda orman toprağında % 2,84, mera toprağında % 2,10 tarım toprağında %1,07, Güney bakıda ise orman toprağında %1,62, mera toprağında %1,64, tarım toprağında % 0,63 tespit edilmiştir.

Büyüköner (2007) Tokat Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü bünyesinde aynı topografik pozisyonda işlenen arazi (tarla), orman ve meyve bahçesi topraklarının farklı arazi kullanımından kaynaklanan fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimleri incelemiştir. Üst toprakta organik madde ve azot miktarının ormanda, tarla ve meyve bahçesinden daha yüksek olduğunu, hacim ağırlığının ise orman toprağında tarla ve meyve bahçesine göre daha düşük olduğunu belirlemiştir.

Başaran (2003) yaptığı çalışmada Türkiye'de yaklaşık olarak orman topraklarında depolanan toplam organik karbon miktarını 1,2 g/ha, çayır ve mera topraklarında yaklaşık 0,8 g/ha, tarım topraklarında ise yaklaşık 0,79 g/ha olarak tespit etmiştir.

Koçyiğit ve Rice (2004) tarafından Tokat'ta yapılan bir çalışmada mera topraklarının buğday vejetasyonu altındaki topraklara oranla iki kat daha fazla karbon ve

azotiçeriğine sahip olduğunu, buğdayda meraya göre oransal olarak daha fazla mineralize karbon ve azotolduğu saptanırken, mikrobiyal biyokütle de tam tersi bir durumun ortaya çıktığını tespit etmiştir. Buğday ekilen toprakların meraya kıyasla hızlı karbon döngüsü ile birlikte daha dinamik karbon kaynaklarına sahip olduğunu belirlemiş, bu hızlı karbon döngüsü ve daha dinamik karbon kaynakları yoğun toprak işlemenin toprak strüktürüne yapmış olduğu tahribatın bir sonucu olduğunu belirlemiştir.

Evrendilek, Çelik ve Kılıç (2004) Türkiye’de yaptıkları bir çalışmada, birbirine bitişik otlaktan tarım arazisine dönüştürülen bir arazide on iki yıllık bir süreçte toprak hacim ağırlığında % 10,5, toprak erodibilitesinde ise % 46,2 artış olduğunu, toprak organik madde miktarında % 48,8, organik karbon içeriğinde % 43, yarayışlı su kapasitesinde % 30,5 ve toplam porozitede % 9,1 oranında azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Yüksek ve Kalay (2002) Doğu Karadeniz Bölgesinde yaptıkları bir çalışmada, bir orman arazisinin çay tarımına dönüştürülmesi sonucu, toprakların kum, solma noktasındaki nem, geçirgenlik ve organik madde miktarının azaldığını, kil, hacim ağırlığı ve tane yoğunluğu değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir.

Karagül (1996) Trabzon’da, farklı arazi kullanım çeşitlerinde (orman, mera, işlemeli tarım) yaptığı bir çalışmada en düşük dispersiyon oranının orman topraklarında olduğunu, bunu sırasıyla mera ve tarım topraklarının izlediğini tespit etmiş ve bu sonuca göre orman alanlarının otlak ve tarım alanlarına dönüştürülmesinin erozyon riskini artırdığını ileri sürmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı Hakkında Bilgi

Bu çalışma, Türkiye coğrafi bölgelerinden Batı Karadeniz Bölgesinde, Kastamonu İl'i, Merkez İlçe'si, Gölmezler Mahallesi'nde yer alan ormanlık, çayırılık ve tarım alanlarında yapılmıştır. Çalışma yapılan alan, Kastamonu Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı, Bostan İşletme Şefliği'ndedir. Bostan Orman İşletme Şefliği, Kastamonu Orman İşletme Müdürlüğü'nün en güney kısmında yer almaktadır (Şekil 3.1).

Bostan Orman İşletme Şefliğinin Amenajman planına göre toplam alanı 8.297,5 ha'dır. Bu alanın 5.125 hektarı verimli orman alanı, 639,0 hektarı verimsiz orman alanı, 2.533 hektarı ise açıklık alandır. Bu çalışmada toprak örneklerinin alındığı örnek alanlar, işletme şefliğinin 21-22 ve 23 numaralı bölmelerinde kalmaktadır.

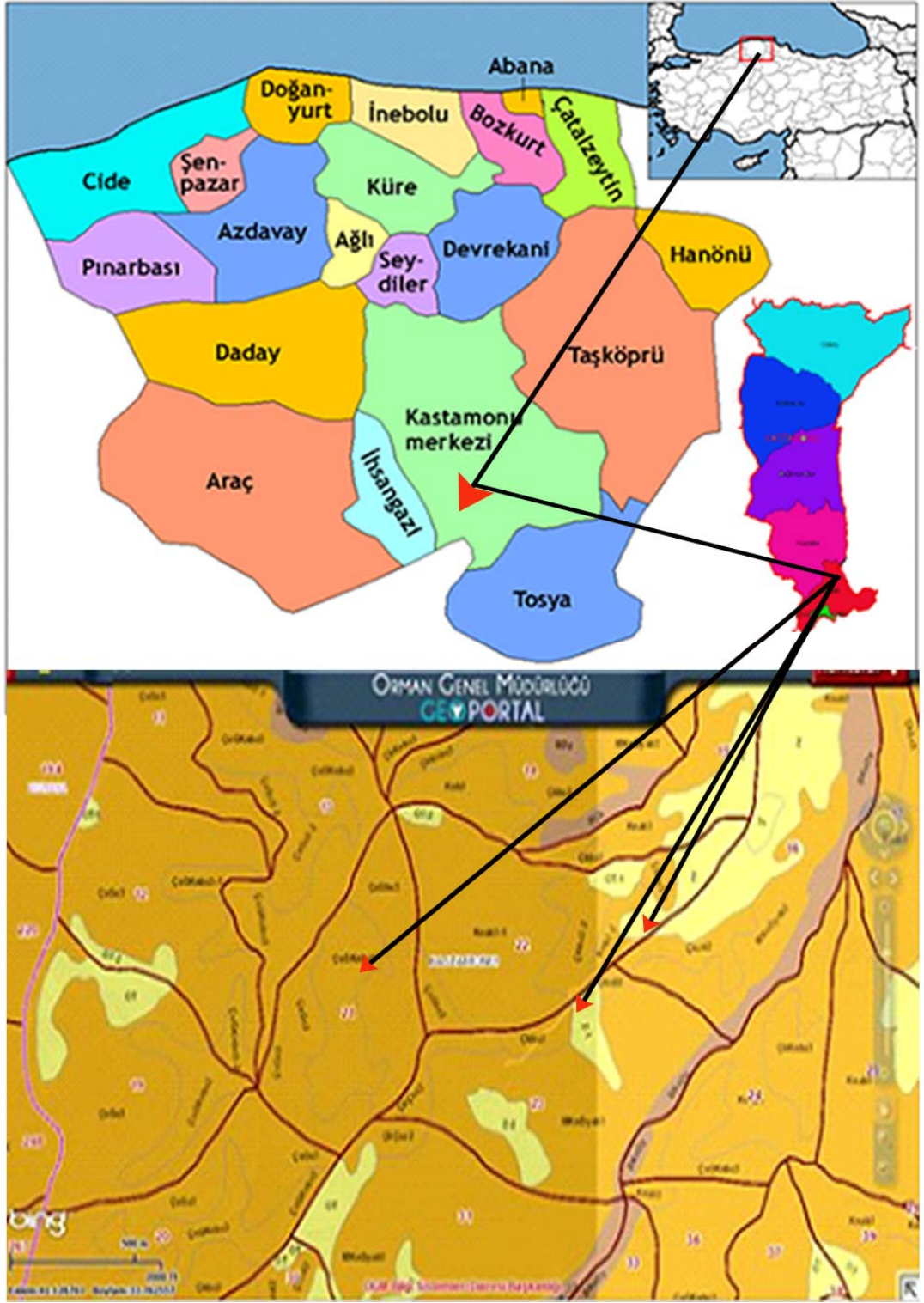
Bu bölmelerdeki meşcereler, c ve d (ağaçlık ve kalın ağaçlık) çağındaki geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlardan oluşmaktadır.

Ölçümler ve örnekleme çalışmaları birbirine yakın, 1400-1450 rakımda, kuzey bakıda yer alan ormanlık, çayırılık ve tarım alanlarında yapılmıştır.

Ormanlık alana ait toprak örnekleri, 21 no'lu bölmeden, aktüel durumda 2 kapalılığında olan ve "c" çağındaki göknar karışık meşceresinden alınmıştır. Meşcere altındahafif diri örtü vardır, humus tabakası iyidir.

Tarım alanına ait örnekler, 22 no'lu bölmeden alınmıştır. Alanda uzun süredir yulaf tarımı yapılmakta ve suni gübre kullanılmaktadır. Ancak, alandaki toprak üstünde görülen çayırlaşmadan ağır makineli tarım yapılmadığı anlaşılmaktadır.

Çayırılık alanlara ait toprak örnekleri, 23 nolu bölmede bulunan çayırılık alandan alınmıştır. Bu alan aşırı otlatma, hayvan baskısı vb. durumlara maruz kalmamıştır.



Harita3.1. Çalışma alanının Türkiye Haritasında, Kastamonu İl Haritası veOrman Amenajman haritalarındaki konumu

3.2. Çalışma Alanının İklimi

Kastamonu İli'nin kuzeyinde Karadeniz iklimi egemenken, güneyde İç Anadolu iklimi etkisi altındadır. Çalışma yapılan alan Kastamonu ili'nin güney kısmında yer aldığından İç Anadolu iklimi etkisi altındadır. İl'in iklimini belirleyen faktörlerin en önemlilerinden biri yeryüzü şekilleridir. Kastamonu İli'nin kuzey kısmında kıyıya paralel uzanan Küre Dağları, kıyı bölgesi ile iç kısımlar arasında bir set oluşturduğundan iç kısımlara doğru Karadeniz ikliminin etkisi giderek azalmaktadır ve yerini sert ve karasal İç Anadolu ikliminin özellikleri almaktadır.

1975-2010 yılları arasındaki meteorolojik verilere göre (Kastamonu Meteoroloji verileri, 800 m. yükseklikte) ortalama yağış yıllık 489 mm'dir. Ortalama aylık sıcaklıklar Temmuz 20,2 °C ile Ocak -0,8 °C arasında değişiklik göstermektedir. Kış döneminde meydana gelen düşük sıcaklıklara kuzeyden gelen hava akımlarıyla durgun hava kütleleri neden olmaktadır. Batıdan ve güneyden gelen hava akımları içinde de düşük sıcaklıklara rastlanmasına rağmen, bunlar genellikle daha sıcaktır. Kastamonu İl merkezinde yıllık sıcaklık ortalaması 9,6 °C'dir. Bu değer Kastamonu'ya komşu illerden Zonguldak'ta 13,5° C, Çorum'da 10,9° C, Sinop'ta 14° C, Çankırı'da ise 11,5° C'dir. Bu değerlerde anlaşıldığına göre Karadeniz iklimi etkisindeki Sinop ve Zonguldak ya da karasal iklim etkisindeki Çankırı ve Çorum'un ortalama sıcaklıkları daha fazladır. Bu durumun nedeni morfolojik yapıdır. Kastamonu İl'inde hem karasal, hem de Karadeniz iklimi görülmektedir. Kastamonu İl merkezinde en soğuk aylar ocak ve şubat, en sıcak aylar ise temmuz ve ağustos aylarıdır.

Kastamonu İli'nde yağışın aylara dağılımı oldukça düzenlidir. Yağışların büyük bölümü ise bahar aylarında düşmektedir. Kış mevsimindeki yağışlar yıllık yağışın % 18'ini, yaz mevsimindeki yağışlar ise % 27'sini oluşturmaktadır. Kastamonu merkezinin yıllık yağış ortalaması 449,7 mm'dir. En az yağış, aralık, ocak ve şubat aylarında, en çok yağış ise mayıs ve haziran aylarında düşmektedir. İl merkezi yılda 19,5 gün kar yağışlı geçmektedir ve yılda 46 gün kar örtüsü altında kalmaktadır (URL-2, 2015).

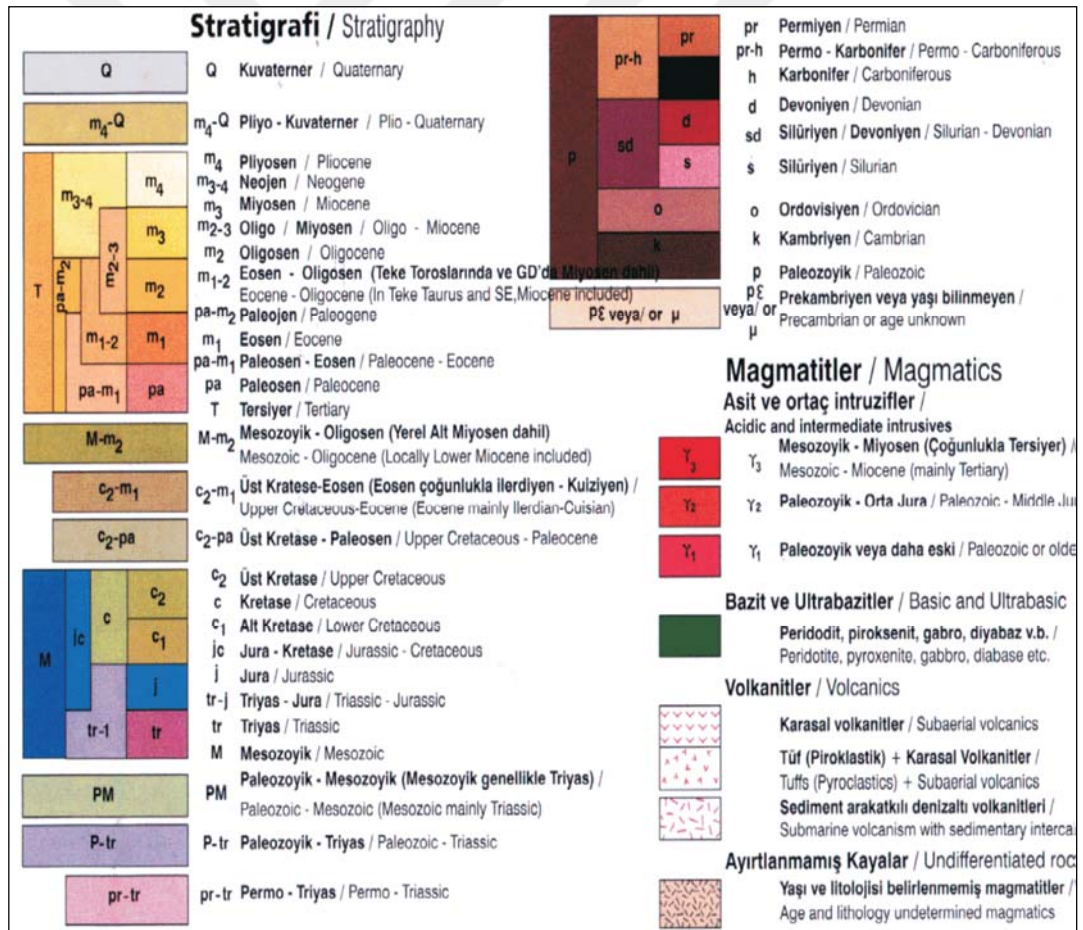
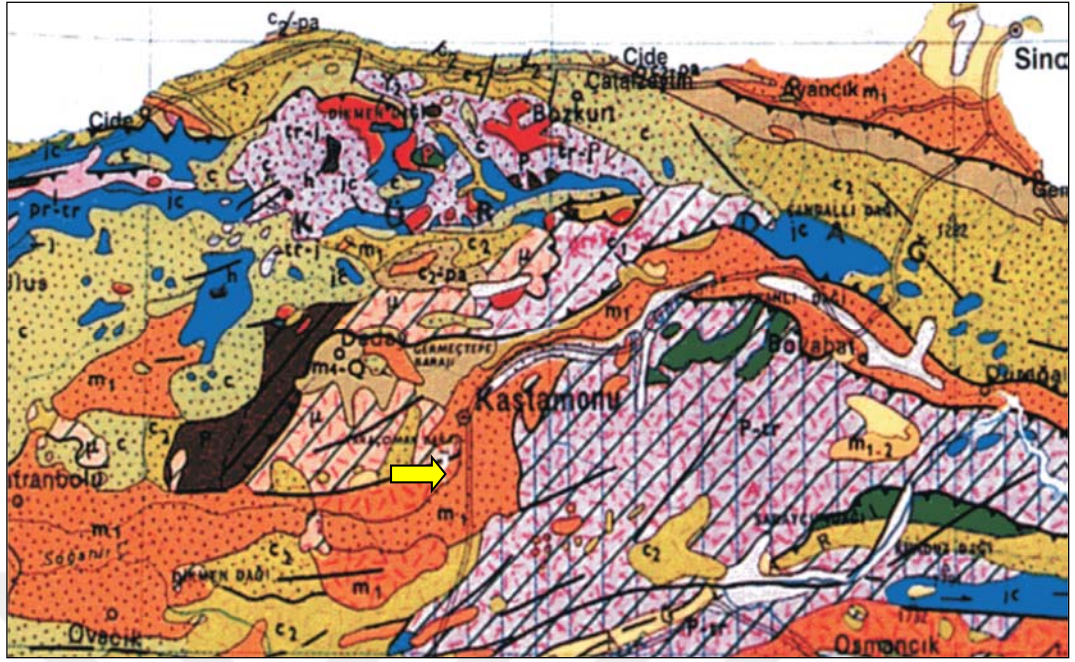
Tablo 3.1. *Kastamonu İl'ine ait 1975-2010 yılları arasındaki bazı iklim verileri*

İklim Verileri	AYLAR												
	Ocak	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağst.	Eyl.	Ekim	Kas.	Ara.	Yıllık
Ortalama Sıcaklık	-0,8	0,6	4,3	9,5	13,8	17,4	20,2	19,8	15,5	10,4	4,5	0,6	9,6
Ortalama Yüksek Sıcaklık	11,0	14,3	21,4	25,6	28,6	32,0	34,3	34,5	31,5	26,7	18,2	12,6	24,2
Ortalama Düşük Sıcaklık	-12,7	-12,3	-8,3	-3,0	0,8	4,9	8,3	7,8	3,2	-1,1	-5,7	-10,4	-2,4
Ortalama Yağış Miktarı	30,9	25,8	32,1	56,3	71,1	61,6	37,2	33,6	32,3	38,4	32,3	37,6	489,0
Günlük En Çok Yağış Miktarı	10,3	8,8	10,5	15,7	18,8	18,5	15,2	16,6	14,2	16,5	10,8	13,0	18,8
Ortalama Bağıl Nem	75,5	70,7	66,5	65,5	65,1	63,1	59,8	60,8	64,9	71,0	75,6	77,6	68,0
En Düşük Bağıl Nem	41,5	35,3	25,7	25,7	27,0	26,3	25,1	23,8	25,7	28,0	37,6	41,9	23,8
Karla Örtülü Gün	15,6	10,4	5,3	2,0							2,7	10,0	46,0
Donlu Günler Sayısı	25,3	22,0	16,8	4,2	1,7					3,4	13,2	21,8	109,0
Sisli Günler Sayısı	6,4	2,3	1,6	1,3	1,9	1,0	3,0	1,0	3,0	2,4	4,5	7,6	35,9
En Hızlı Rüzgar Yönü ve Hızı	GB B 4,3	GB 4,8	GB B 5,4	GB B 5,4	GB B 4,6	GB B 4,5	KB B 4,3	K 4,0	GB B 4,1	GB B 3,9	GB 4,0	GB 4,3	GB B 5,4
Ortalama Rüzgar Hızı	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,2

3.3. Çalışma Alanının Jeolojik Yapısı

Kastamonu İl'i, Türkiye'nin Batı Karadeniz bölgesinde 41° 21' kuzey paralelleri ile 33° 46' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. Rakımı 775 metre, yüzölçümü 13.108,1 km²'dir. Arazi yapısı çoğunlukla engebeldir. İl'in kuzey kısmında Batı Karadeniz Dağları yer almaktadır. İl merkezinin kuzeyinde Karadeniz'e paralel uzanan İsfendiyar (Küre) Dağları, güneyinde ise yine doğu batı uzantılı Ilgaz dağları yer almaktadır. Doğu kısmında Çatalzeytin İlçe'sinin Sinop ile birleştiği yerden, batı tarafında da Kerempe burnuna kadar kıyı düz bir şerit halinde uzanır. Kerempe Burnu'nda bariz bir çıkıntı oluşturarak güney batı doğrultusunda Bartın il sınırına kadar kıyı devam eder. Karadeniz'le olan kıyı uzunluğu 170 km'dir.

İl'in yüzölçümünün % 74,6'sı dağlık ve ormanlık, % 21,6'sı plato ve % 3,8'i ovidan oluşmaktadır. İl'in tarıma elverişli geniş alanları azdır. Ancak vadiler etrafında küçük ovalar yer alır. Vazdilerden en önemlileri Daday ve Taşköprü ovalarını içine alan Gökırmak ile Tosya tarım alanını kapsayan Devrez Vadileri'dir. Ayrıca Araç, Cide ve Devrekani çay yatakları çevresinde de tarıma elverişli alanlar bulunmaktadır. İl'in güneyinde yer alan Ilgaz Dağları yüksek ve devamlıdır. Kuzeyde Gökırmak ve Araç Çayı, güneyde ise Devrez Çayı vadileri ile sınırlanmıştır. En yüksek noktası Çatalılgaz tepesi (2565 m) dir (URL-3, 2015).Kastamonu İl'ine ait jeoloji haritası Harita 3.2'de verilmiştir.



Harita3.2. Kastamonu İl'ine ait jeoloji haritası

3.4. Çalışma Alanlarında Yapılan Çalışmalar

Gerekli ölçümler ve örnekleme çalışmaları Kastamonu İli, Merkez İlçesi, Çatiören Köyü, Gölmezler Mahallesinde, Bostan Orman İşletme Şefliğinin 21-22 ve 23 no'lu bölmelerinde, birbirine yakın 1400-1450 rakımda, kuzey bakıda yer alan ormanlık alan, çayırılık alan ve tarım alanında yapılmıştır. Deneme alanlarında ölü örtü ve mineral toprakta örnekleme ve ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Fotoğraf3.1.Ormanlık alana ait bozulmuş toprak örneklerinin alındığıprofillerinden biri

Çalışma alanındaki profil incelemelerinde üst toprak horizonundan toprak derinliği esasına göre arazi kullanım çeşitlerinden orman, çayırılık alan ve ziraat alanı kullanım grubundan, iki farklı çalışma alanında 20 m x 20 m (400 m²) boyutlarında deneme parsellerinde çalışma yapılmıştır. Deneme parsellerinin her birinde 3 farklı kısımda toprak profili açılarak bunlardan 2 farklı derinlik kademesinden (0-10cm; 10-20cm) toprak örnekleri alınmıştır (Fotoğraf 3.1 ve fotoğraf 3.2). Böylelikle, toplamda alınan toprak örnekleme sayısı 18 adet olmuştur [3 farklı alan (ormanlık alan, tarım arazisi ve açıklık alan) X 3 adet örnekleme alanı X 2 farklı çalışma bölgesi = 18)]. Toprak

örnekleri her bir çalışma parselinde iki farklı toprak derinlik kademesinden alındığı için (0-10 cm ve 10-20 cm), toplam toprak örnekleme sayısı 36 adet olmuştur (18 deneme parseli x 2 toprak derinlik kademesi=36).



Fotoğraf 3.2.Çayırılık alana ait bozulmuş toprak örneklerinin alındığıprofillerden biri

3.4.1.Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Toprakların hacim ağırlığını belirlemek için, mineral toprak kısımlarından iç çapı 5 cm olan silindirler kullanılarak, 0-10 ve 10-20 cm toprak derinlik kademelerinden, toprağın yapısını bozmadan ahşap takozlar yardımıyla silindirler toprağa çakılıp, alttan kürek yardımıyla çıkarılmış, silindir yüzeyine taşan kısımları temizlenerek, kapakları kapatılıp, poşetleme ve etiketleme yapılarak laboratuvara taşınmıştır (Fotoğraf3.3. ve Fotoğraf3.4).

Örnekleme alanlarında ağaçların orta kısımlarından, arazi yüzeyine dik bir şekilde toprak profilleri açılarak ve toprak numunelerinin alınması esasları göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir.

Alınan örnekler etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir. Toprak örnekleri laboratuvarında kâğıt üzerine serilerek hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelen toprak örnekleri, porselen havanda öğütülecek ve 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra naylon torbalara doldurularak analize hazırlanmıştır.



Fotoğraf3.3. Araziden alınan bozulmuş toprak numuneleri



Fotoğraf3.4. Toprak numunelerinin laboratuvarında kurumaya bırakılması

3.5. Laboratuvarda Yapılan Çalışmalar

Laboratuvarda toprak örnekleri kâğıt üzerine serilerek hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmiştir (Fotoğraf 3.5.). Hava kurusu hale gelen toprak örnekleri (Fotoğraf 3.6.), porselen havanda öğütülerek 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve sonra naylon torbalara doldurularak (Fotoğraf 3.7.) analiz yapılıncaya kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir.



Fotoğraf3.5. Toprak numunelerinin hava kurusu hale getirilmesi



Fotoğraf3.6. Hava kurusu hale gelen toprak numuneleri



Fotoğraf3.7. 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra analiz için naylon poşetlere konulmuş toprak numuneleri

3.5.1. Toprak Örnekleri Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Analize hazır hale gelmiş olan toprak örneklerinde pH, su ile doymuşluk, toplam tuz, organik madde, kireç, fosfor, potasyum analizleri Kastamonu İl Özel İdaresi Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır. Toprak tekstür analizleri ise Bouyocous'un hidrometre yöntemine göre Kastamonu üniversitesi Orman Fakültesi laboratuvarında yapılmıştır. Ağır bünyeli toprak örneklerinden 50 gram, kumlu toprak örneklerinden 100 gram örnekler alınarak 400 ml'lik beherlere konulmuştur. Üzerlerine 200 ml saf su ve 100 ml % 8 NaOH çözeltisi ilave edilmiş, 24 saat süre ile dispersleşmeye bırakılmıştır. Bu süspansiyonlar mekanik karıştırıcıya alınarak 5 dakika süre ile karıştırılmış,karıştırıcıda bir pipetten saf su püskürtülerek silindire aktarılan süspansiyonun üzeri 1000 ml olacak şekilde saf su ile tamamlanmış ve sonra el karıştırıcısı silindir içerisinde aşağı yukarı 15-20 kez hareket ettirilmiştir. Köpürmeyi önlemek amacıyla bir kaç damla amil alkol damlatılmıştır. İlk okumalar 4'48'' saniye, ikinci okumalar 120' dk sonunda yapılmıştır (Bouyoucos, 1936). Her iki okuma yapılırken süspansiyonun sıcaklıkları da belirlenmiştir. Okunan hidrometer değerleri üzerinde gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapılarak ilk okuma (toz+kil), ikinci okumada (kil) ve bunların yardımı ile de kum ve toz fraksiyonlarının miktarları % olarak hesaplanmıştır. Tammerup'un tekstür üçgenine göre tekstür sınıfları yapılmıştır (Gülçur, 1974).

Laboratuvara getirilen ve hazırlanan silindir örnekleri, 24 saat süreyle 105 °C' deki etüvde bekletildikten sonra aşağıdaki eşitlikten hacim ağırlığı (HA)(Mg m⁻³) değerleri hesaplanmıştır (Tompson, 1952).

$$HA = Ka / Sh \quad (3.1)$$

Burada; Ka: Toprak örneğinin kuru ağırlığı (gr), Sh: Örnek alma silindirinin hacmi (m³)' dir.

Toprakların her derinlik kademesinin toprak kütlesi, hacim ağırlığı ve dönüşüm katsayıları kullanılarak, birimi (Mg ha⁻¹) olarak aşağıdaki formül (3.2)'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toprak Kütlesi (TK) (Mg ha}^{-1}\text{)} = (HA \times Ti \times 10^4) \quad (3.2)$$

Burada, HA: hacim ağırlığını, Ti: i toprak derinliğini (m) ve 10⁴ ise dönüşüm katsayısını (m² ha⁻¹) ifade etmektedir.

Organik madde miktarı (TOM) belirlenen toprak örnekleri değerleri kullanılarak toprakların yüzde organik karbon miktarı formül (3.3)'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toprak organik karbon (TOC) (\%)} = 0.58 \times TOM \quad (3.3)$$

Toprakta depolanan toplam organik karbon (TOC) veya toplam azot (TN) miktarı ise birimi (Mg C ha⁻¹ veya Mg N ha⁻¹) olarak formül (3.4)'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{TOC veya TN-depolama: \%TOC veya \%TN} \times TK_i \text{ (Mg ha}^{-1}\text{)} \quad (3.4)$$

Bu formülde yer alan TK_i, i toprak derinliğinde kuru toprağın kütlesini ifade etmektedir.

3.6. İstatistik Analizi

Çalışma alanındaki her kullanım grubuna ait alanlardan (orman, tarım arazisi ve açıklık alan) 0-10 ile 10-20cm derinlik kademelerinden olmak üzere, tesadüfi örnekleme yöntemine göre alınan toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal analizler yapıldıktan sonra, elde edilen analiz sonuçlarına göre üç farklı kullanım alanının toprak özellikleri her bir derinlik için istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Özellikle de karbon ve azot miktarları ile karbon ve azot depolama kapasiteleri arasında önemli bir farklılığın olup olmadığı üzerine SPSS programı (11. Versiyon) kullanılarak Varyans Analizi (ANOVA) uygulandı. ANOVA sonuçları doğrultusunda, farklılığın önem derecesi Tukey's testi yardımıyla belirlendi.

4. BULGULAR

4.1. Çalışma Alanının Toprak Özelliklerine ait Bulgular

Farklı arazi kullanım çeşitlerinde toprakların bazı özelliklerine ait bilgiler (Tablo 4.1) ve (Tablo 4.2)'de verilmiştir. İstatistiksel olarak bakıldığında toprakların özelliklerinden pH, kireç, tuz, tekstür özellikleri bakımından önemli farklılıkların olmadığı, fosfor ve potasyum miktarları ve su ile doymuşluk bakımından önemli farklılıklar ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir Tablo (4.1.).

Tablo 4.1.Çalışılan arazi kullanım çeşitleri ile toprağın tekstürü

Arazi Kullanım Tipi	Derinlik Kademesi	Tekstür			Toprak Bünyesi
		Kil %	Toz %	Kum %	
Ormanlık alan	0-10 cm	24,5	10,8	64,8	Kumlu killi balçık
Çayırılık alan		20,9	12,7	66,4	
Tarım alanı		31,6	6,0	29,6	
Ormanlık alan	10-20 cm	25,2	10,5	64,3	
Çayırılık alan		17,2	8,6	74,2	
Tarım alanı		33,6	13,4	53,1	

Buna göre en düşük fosfor miktarının tarım alanında 10-20 cm derinlik kademesinde (0,266 kg/ha), en yüksek fosfor miktarının ise tarım alanında 0-10 cm derinlik kademesinde (0,424 Kg/ha) olduğu, en düşük potasyum miktarının tarım alanında 10-20 cm derinlik kademesinde (3,76 Kg/ha), en yüksek potasyum miktarının ise ormanlık alanlarda 0-10 cm derinlik kademesinde (6,79 Kg/ha) olduğu, su ile doymuşluk bakımından ise en düşük değer çayırılık alanda 10-20 derinlik kademesinde (% 54) olduğu, en yüksek su ile doymuşluk değer ise ormanlık alanlarda 0-10 (% 72,9) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2.).

Farklı arazi kullanım çeşitleri altında toprakların organik maddece yüzdeleri karşılaştırıldığında en yüksek ormanlık alanlarda 0-10 cm derinlik kademesinde (% 4,31) belirlenirken en düşük çayırılık alanda 10-20 cm derinlik kademesinde (%1,64) belirlenmiştir. Organik madde yüzdesi toprak derinlik kademesine göre azalma göstermiştir (Tablo, 4.2.).

Tablo 4.2. Çalışılan arazi kullanım çeşitleri ile mineral horizonlarına ait bazı bilgiler

Arazi Kullanım Çeşidi	Derinlik Kademesi	Su İle Doymuşluk %	Toplam Tuz %	PH	Kireç %	Fosfor Kg/Ha	Potasyum Kg/Ha	Organik Madde %
Ormanlık alan	0-10 cm	72,9	0,010	5,56	1,47	0,350	6,79	4,31
Çayırılık alan		57,5	0,011	6,05	1,47	0,268	4,88	2,15
Tarım alanı		64,3	0,007	5,62	1,47	0,424	4,75	3,03
Ormanlık alan	10-20 cm	68,1	0,009	5,42	1,47	0,292	4,56	2,67
Çayırılık alan		54,0	0,009	6,24	1,47	0,286	4,53	1,64
Tarım alanı		60,3	0,006	5,59	1,47	0,266	3,76	2,46

4.2. Çalışma Alanının Karbon ve Azot Miktarlarına Ait Bulgular

Ormanlık alanlar, çayırılık alan ve tarım alanı olarak kullanılan toprakların iki farklı derinlik kademesine ait (0-10 ve 10-20 cm) ortalama karbon, azot miktarı, hacim ağırlığı, toprak karbon ve azot depolama kapasitesi ve karbon/azot oranı (C/N) Tablo 4.3.'de verilmiştir.

Toprak hacim ağırlığı değerleri her bir arazi kullanımını için artan toprak derinliğinde bir artış göstermiştir. En düşük ortalama hacim ağırlığı değeri ormanlık alanlardaki topraklarda belirlenirken ($1,18 \text{ Mg m}^{-3}$), en yüksek hacim ağırlığı değeri tarım topraklarında belirlenmiştir ($1,48 \text{ Mg m}^{-3}$).

Tablo 4.3. Ormanlık alanlar, çayırılık alan ve tarım topraklarının ortalama karbon, azot miktarı, hacim ağırlığı, toprak karbon ve azot depolama kapasitesi ve karbon/azot oranı (C/N) Turkey's testine göre her bir arazi kullanım çeşidi için aynı derinlik kademesine ait kolonlar arasında aynı harf ile ifade edilmeyen değerler arasında önemli farklılıklar ($P < 0,05$) bulunmaktadır

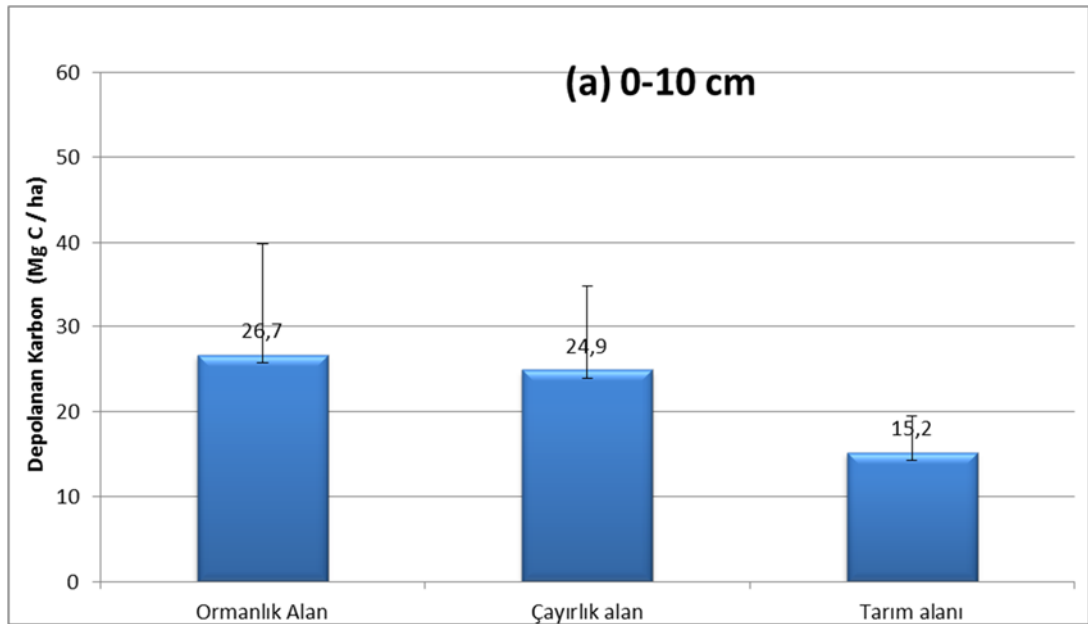
<u>Arazi Kullanım Çeşidi</u>	<u>Derinlik Kademesi (cm)</u>	<u>Toplam Karbon (%)</u>	<u>Toplam Azot (%)</u>	<u>Hacim Ağırlığı (Mg m⁻³)</u>	<u>Toprak-Karbon Depolama (Mg C ha⁻¹)</u>	<u>Toprak-Azot Depolama (Mg N ha⁻¹)</u>	<u>C/N</u>
Orman	0-10	2,50c	0,33b	1,07a	26,7c	3,55a	7,6
	10-20	1,55b	0,25b	1,29a	19,9b	3,17b	6,2
	0-20	2,02c	0,29b	1,18a	47,7b	6,82b	7,0
Çayırılık	0-10	1,76b	0,31b	1,22b	24,9b	3,76a	5,7
	10-20	1,43b	0,23b	1,35a	21,8c	3,08b	6,2
	0-20	1,60b	0,27b	1,29b	47,0b	6,90b	5,9
Tarım alanı	0-10	1,25a	0,23a	1,42c	15,2a	3,24a	5,4
	10-20	0,95a	0,15a	1,53b	12,8a	2,24a	6,3
	0-20	1,10a	0,19a	1,48b	28,2a	5,53a	5,8

Çalışılan üç farklı arazi kullanım çeşidi deneme alanlarının 0-10 cm toprak derinlik kademelerinde, toplam karbon miktarı en yüksek ormanlık alan topraklarında (%2,50) bulunmuş olup, bunu sırasıyla çayırılık (1,76%) ve tarım alanı toprakları (1,25%) takip etmiştir (Tablo 4.3.). Toprak toplam karbon miktarı toprak derinliği ile azalma göstermiştir (Tablo 4.3.). 10-20 cm derinlik kademesinde de ormanlık alan toprakları en yüksek toplam karbon miktarına sahip olurken (%1,55) bunu sırasıyla çayırılık (1,43%) ve tarım alanı toprakları (0,95%) takip etmiştir. Genel olarak tüm toprak derinlik kademesi (0-20 cm) değerlendirildiğinde de, en yüksek toplam karbon miktarı ormanlık alan topraklarında belirlenirken (%2,02), en düşük miktar tarım alanı topraklarında (%1,10) belirlenmiştir.

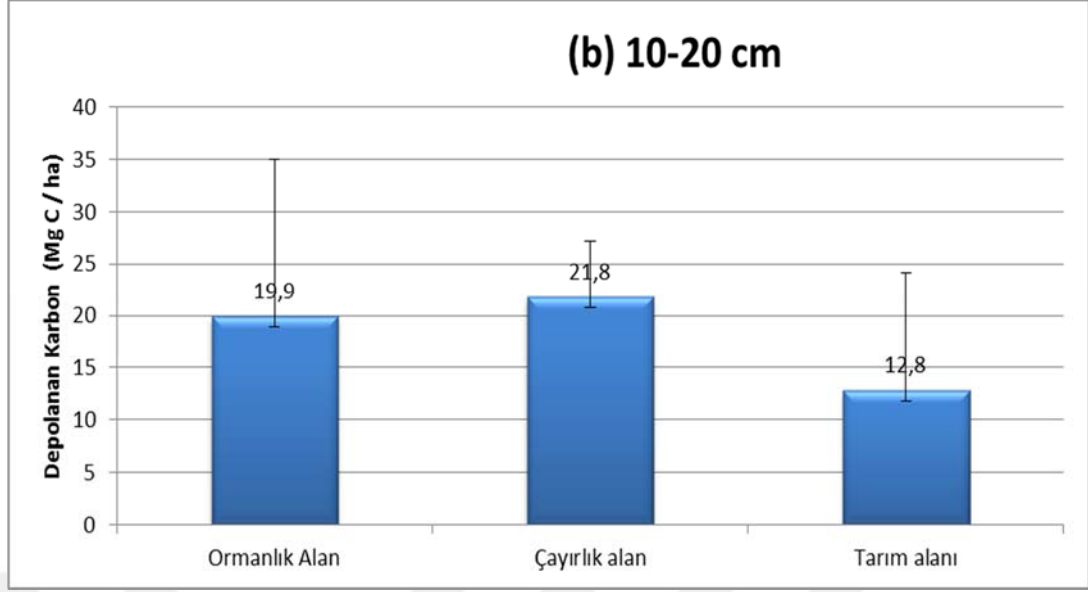
Toplam azot miktarı 0-10 cm derinlik kademesinde en düşük tarım alanı topraklarında (%0,23), en yüksek ise orman ve çayırılık alanların topraklarında (ortalama % 0,32

belirlenmiştir. Toplam azot miktarı toprak derinlik kademesine göre azalma göstermiştir (Tablo 4.3). 10-20 cm derinlik kademesinde de tarım alanı toprakları en düşük toplam azot miktarına (% 0,15) sahip olurken, orman ve çayırılık alanları toprakları yine en yüksek miktarı (ortalama % 0,24) göstermiştir. Tüm toprak derinliği değerlendirildiğinde de tarım alanı toprakları en düşük toplam azota(% 0,19) sahip olurken, orman ve çayırılık alanları en yüksek miktara sahip (ortalama % 0,28) olmuştur.

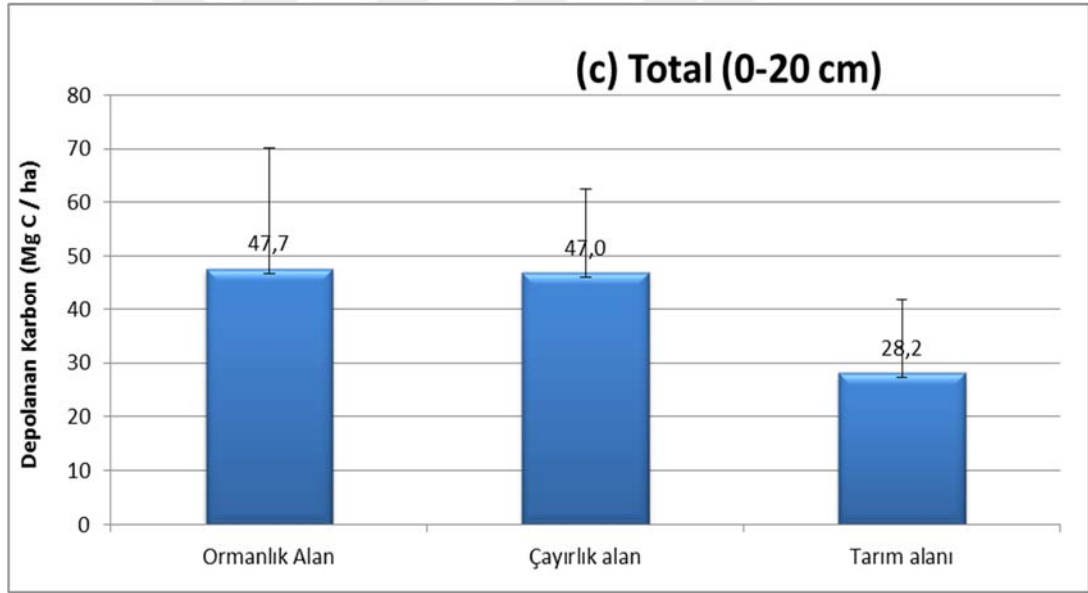
Üç farklı arazi kullanım çeşidi altında depolanan karbon miktarı bakımından değerlendirme yapıldığında; 0-10 cm toprak derinlik kademesinde en yüksek karbon depolamasının orman topraklarında olduğu ($26,7 \text{ Mg C ha}^{-1}$) bunu sırasıyla çayırılık ($24,9 \text{ Mg C ha}^{-1}$) ve tarım topraklarının takip ettiği ($15,2 \text{ Mg C ha}^{-1}$) görülmüştür (Şekil 4.1.). Depolanan karbon miktarı toprak derinliği ile azalma göstermiştir. 10-20 cm toprak derinliğinde çayırılık alan toprakları en yüksek karbon depolamasını ($21,8 \text{ Mg C ha}^{-1}$), orman toprakları ($19,9 \text{ Mg C ha}^{-1}$) ve tarım alan toprakları ise en düşük karbon depolamasına ($12,8 \text{ Mg C ha}^{-1}$) sahip olmuştur (Şekil 4.2.). Tüm toprak derinliği dikkate alındığında (0-20 cm) en yüksek karbon depolamasına orman altındaki topraklarda ($47,7 \text{ Mg C ha}^{-1}$), en düşük depolamaya ise tarım alanı topraklarında ($28,2 \text{ Mg C ha}^{-1}$) sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3.).



Şekil 4.1. Orman-tarım ve çayırılık alanlara ait toprakların 0-10 cm derinlik kademesindeki C depolama kapasitesi

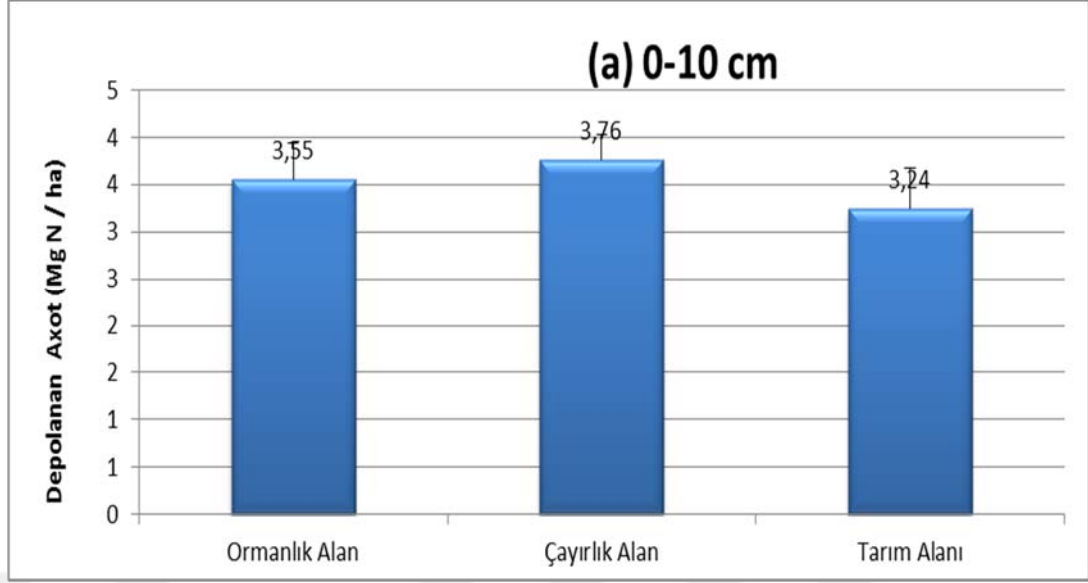


Şekil 4.2. Orman-tarım ve çayırılık alanlara ait toprakların 10-20 cm derinlik kademesindeki C depolama kapasitesi



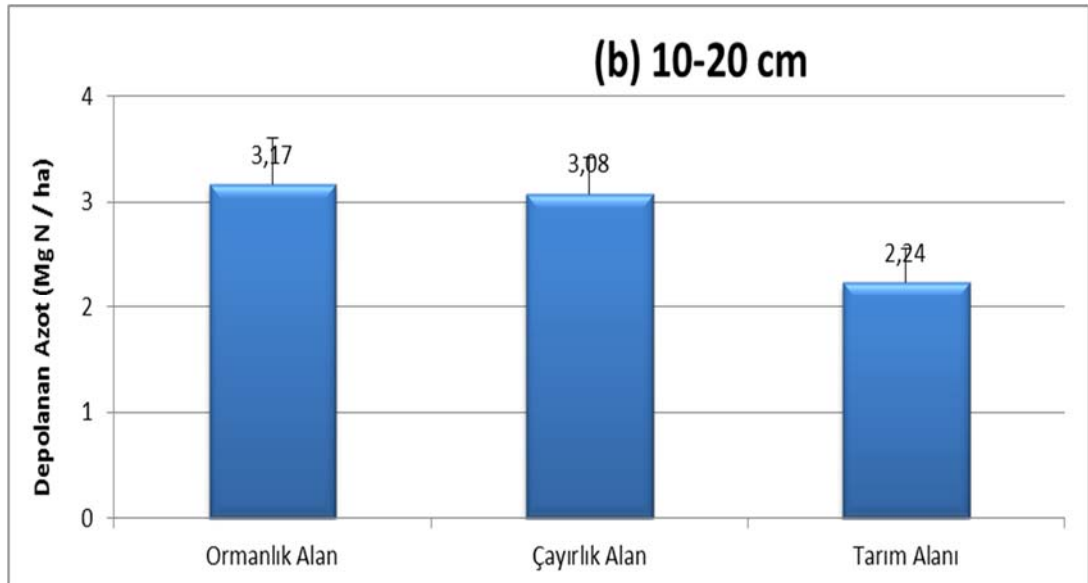
Şekil 4.3. Orman-tarım ve çayırılık alanlara ait toprakların 0-20 cm derinlik kademesindeki C depolama kapasitesi

Farklı arazi kullanımı altındaki toprakların 0-10 cm toprak derinlik kademelerinde depolanan toplam azot miktarları karşılaştırıldığında ise, en yüksek depolamanın çayırılık alan topraklarında ($3,76 \text{ Mg N ha}^{-1}$), en düşük depolamanın ise tarım alanı topraklarında ($3,24 \text{ Mg N ha}^{-1}$) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4.).

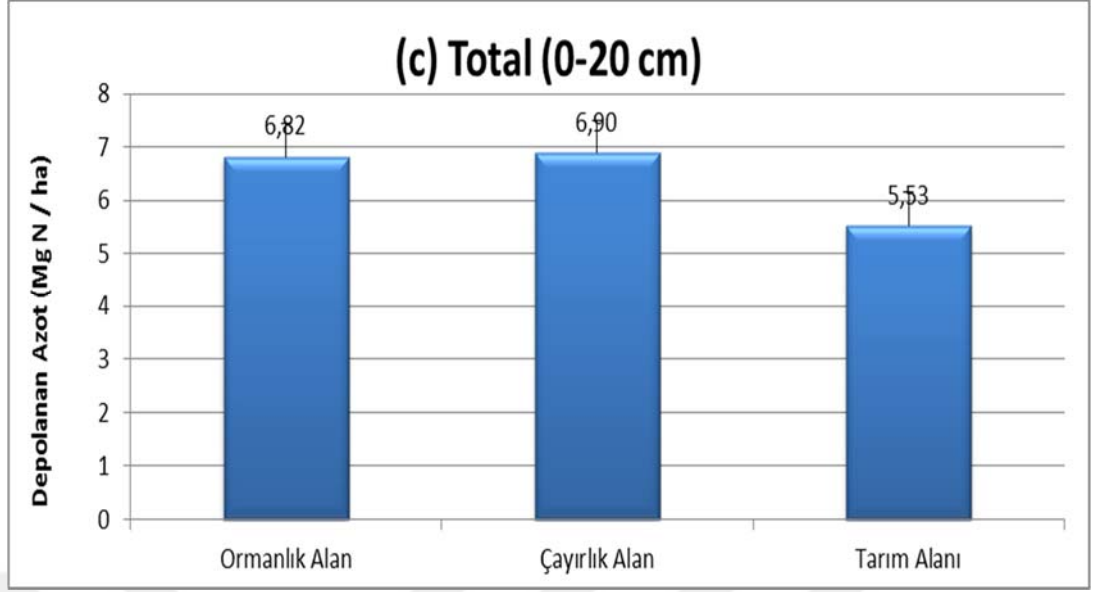


Şekil 4.4. Orman-tarım ve çayırılık alanlara ait toprakların 0-10 cm derinlik kademesindeki N depolama kapasitesi

10-20 cm derinlik kademesinde de orman toprakları en yüksek değeri gösterirken (3,17 Mg N ha⁻¹), yine tarım toprakları en düşük değeri (2,24 Mg N ha⁻¹) göstermiştir (Şekil 4.5.). Tüm toprak derinlik kademesi (0-20 cm) düşünüldüğünde, en yüksek değeri çayırılık alan toprakları (6,90 Mg N ha⁻¹) gösterirken bunu sırasıyla orman toprakları (6,82 Mg N ha⁻¹) ve tarım toprakları (5,53 Mg N ha⁻¹) takip etmiştir (Şekil 4.6.).

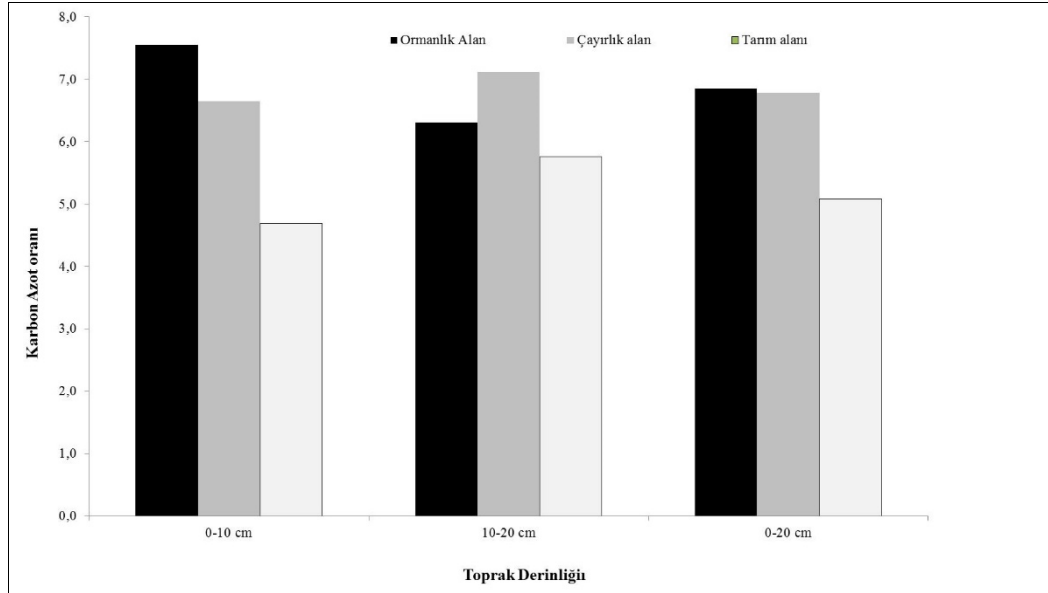


Şekil 4.5. Orman-tarım ve çayırılık alanlara ait toprakların 10-20 cm derinlik kademesindeki N depolama kapasitesi

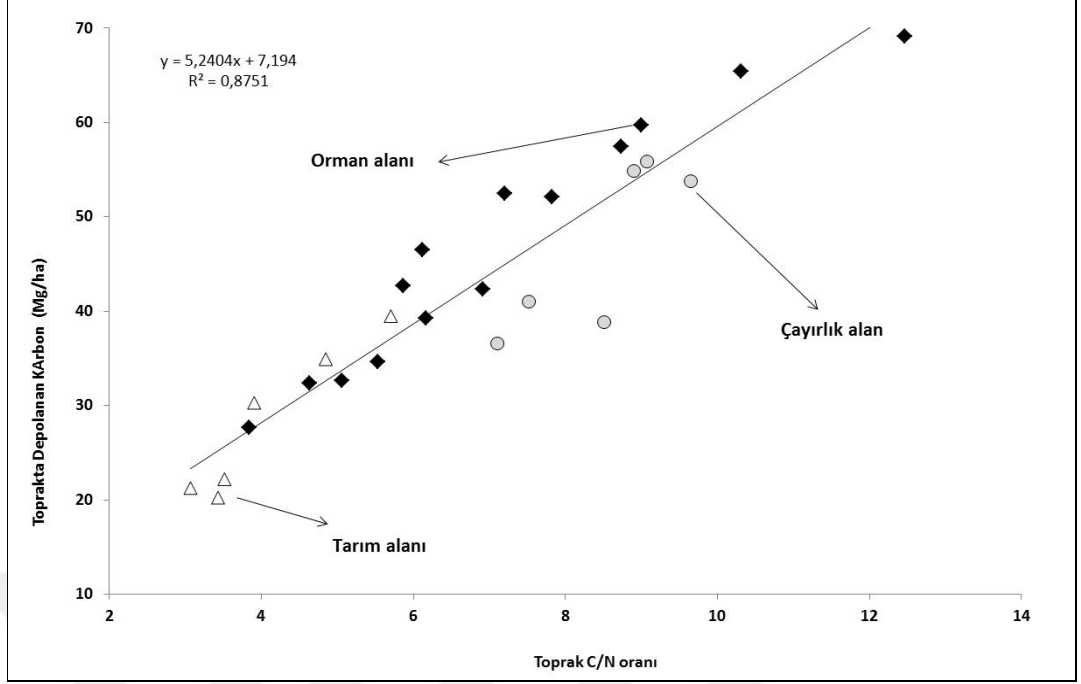


Şekil 4.6. Orman-tarım ve çayırılık alanlara ait toprakların 0-20 cm derinlik kademesindeki N depolama kapasitesi

Genel olarak C/N oranına bakıldığında, orman topraklarının yüksek C/N oranına sahip olduğu, bunu sırasıyla çayırılık ve tarım alanları topraklarının takip ettiği görülmektedir (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Orman-tarım ve çayırılık alanlara ait toprakların farklı toprak derinlik kademelerine göre C/ N oranı



Şekil 4.8. Orman-tarım ve çayırılık alanlara ait toprakların (0-20 cm derinlik kademesinde) karbon depolama kapasiteleri ile toprak karbon/azot(C/N) oranları arasındaki ilişki

Farklı arazi kullanımlarındaki toprakların karbon depolama kapasiteleri ile toprak karbon/azot (C/N) oranları arasında pozitif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Yani farklı arazi kullanımlarındaki toprak C/N oranının artması toprak karbon depolama miktarının da artmasına neden olmaktadır (Şekil 4.8.).

5. TARTIŞMA

Kastamonu Bölgesinde gerçekleştirilen bu çalışmada, farklı arazi kullanım çeşitlerinin (orman, tarım ve çayırılık alanlar), toprakların pH, kireç, tuz, tekstür, fosfor ve potasyum miktarları ve su ile doymuşluk gibi özellikleri ile karbon ve azot depolama oranlarına olan etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışılan üç farklı arazi kullanım çeşidi deneme alanlarının genel olarak tüm toprak derinlik kademesi (0-20 cm) değerlendirildiğinde, en yüksek toplam karbon miktarı ormanlık alan topraklarında belirlenirken (%2,02), en düşük miktar tarım alanı topraklarında (%1,10) belirlenmiştir. Toprak toplam karbon miktarı toprak derinliği ile azalma göstermiştir.

Toplam azot miktarı da tüm toprak derinliği değerlendirildiğinde tarım alanı topraklarında en düşük toplam azota (%0,19) sahip olurken, orman ve çayırılık alanları en yüksek miktara sahip (ortalama %0,28) olmuştur. Toplam azot miktarı da toprak derinlik kademesine göre azalma göstermiştir.

Farklı arazi kullanımını altındaki toprakların tüm toprak derinliği değerlendirildiğinde (0-20 cm) en yüksek karbon depolanması orman bitki örtüsü altındaki toprakların ($47,7 \text{ Mg C ha}^{-1}$), en düşük karbon depolamasına ise tarım alanı topraklarının ($28,2 \text{ Mg C ha}^{-1}$) sahip olduğu belirlenmiş olup, depolanan karbon miktarı toprak derinliği ile azalma göstermiştir.

Depolanan toplam azot miktarları karşılaştırıldığında ise tüm toprak derinlik kademesi (0-20 cm) düşünüldüğünde, en yüksek değeri çayırılık alan toprakları ($6,90 \text{ Mg N ha}^{-1}$) gösterirken bunu sırasıyla orman toprakları ($6,82 \text{ Mg N ha}^{-1}$) ve tarım toprakları ($5,53 \text{ Mg N ha}^{-1}$) takip etmiştir.

Genel olarak C/N oranına bakıldığında, orman topraklarının yüksek C/N oranına sahip olduğu, çayırılık ve tarım alanları topraklarının ise düşük C/N oranına sahip olduğu, farklı arazi kullanım alanlarındaki toprakların karbon depolama kapasiteleri ile toprak karbon/azot (C/N) oranları arasında pozitif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Şöyle

ki toprak C/N oranının artması toprak karbon depolama miktarının artmasına neden olmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde, ziraat alanlarının en düşük karbon ve azot miktarına, en az karbon ve azot depolama kapasitesine ve en düşük Karbon/Azot oranına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Burada sunulan çalışmamıza benzer olarak, toprak karbon ve azot miktarları ile depolama kapasiteleri bakımından ormanlık-çayırılık (otlak)-tarım alanları karşılaştırıldığında, orman alanlarının çayırılık alanlarına kıyasla daha fazla karbon ve azot tutma kapasitesine sahip olduğu, tarım alanlarının ise en düşük değeri gosterdiği yonunde sonuçlar bildirilmiştir (Conant, 2011). Ormanlar bir birim alanda ziraat alanlarından 20 ile 200 katı kadar daha fazla karbon biyokutlesine sahiptirler. Bu nedenle, ormanların açıklık alanlara, otlak alanlarına veya tarım alanlarına dönüştürülmesi veya dönüşmesi genel olarak alandaki karbon miktarının azalmasına neden olur (Houghton, 1991). Yapılmış olan çalışmalar mikrobiyal biyokutle C ve agregat miktarının toprak işlemeyle büyük oranda azaldığını ve otlağa dönüştürülmesiyle önemli derecede arttığını ortaya koymaktadır (Haynes ve Swift, 1990; Haynes vd., 1991). Koçyiğit ve Rice (2004) tarafından Tokat'ta yapılan bir çalışmada otlak topraklarında buğday vejetasyonu altındaki topraklara oranla daha fazla mikrobiyal biokutle C saptanmıştır. Hart vd., (1988) yapmış olduğu bir çalışmada sürüm altındaki topraklarda mikrobiyal biokutle C'da azalma gözlemlenmiştir. Yine burada yapılan çalışmamıza benzer olarak, Göl (2007) tarafından ankırı İl'inde, farklı arazi kullanım çeşitlerinin (tarım, orman, mera) ve bakının toprağın fiziksel özellikleri, toprak organik karbon depolama üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada aynı yükselti, ana kaya ve bitki örtüsüne sahip hem kuzey hem güney bakıda orman topraklarında karbon birikiminin mera ve tarım topraklarından daha yüksek olduğu, karbon oranlarının Kuzey bakıda orman toprağında % 2,84, mera toprağında % 2,10 tarım toprağında %1,07, Güney bakıda ise orman toprağında %1,62, mera toprağında %1,64, tarım toprağında % 0,63 tespit edilmiştir.

Bütün ekosistemler atmosferden karbondioksiti ve mineral besin elementlerini alır ve bunları organik ürünlere dönüştürürler. Bu nedenle, ekosistemler üç temel biyojenik sera gazı olarak bilinen CO₂, N₂O ve CH₄'ın ana kaynaklarıdır. Bozulmamış ekosistemlerde, karbon dengelenme yonunde, hatta azda olsa pozitifdir; yani

fotosentezle alınan karbon solunumla kaybolan karbonu geçmektedir. Ekosistemlerdeki net karbon alımı yangın, kuraklık ya da hastalık gibi bozunmalar yüzünden periyodik olarak topraktan ve vejetasyondan önemli miktarda karbon kaybına neden olma yönündedir. İnsan kaynaklı arazi kullanım faaliyetleride diğer doğal afetler gibi ekosistemlerin karbon dengesi üzerinde önemli rol oynamaktadır. Yangın, kuraklık ve arazi kullanımındaki değişiklikler vejetasyon ve toprak dinamiklerini etkileyerek uzun dönemde karbon salıverilmesinin artmasına ya da karbon alımının azalmasına neden olmaktadır. Ormansızlaşma, otlak alanlarının degradasyonu ve tarım alanlarına dönüşümü biyokütleden ve toprak karbon havuzundan 450-800 Gt karbondioksitin salıverilmesini harekete geçirmiştir (Houghton, vd., 1983;Marland, Boden, ve Andres, 2000).

Atmosferdeki karbondioksitin organik madde haline dönüşmesi, bitkilerin yaprak miktarı arttıkça daha hızlı olmaktadır.Orman ekosistemleri meralara ve tarımsal alanlara göre daha fazla bitki ve daha fazla yaprak miktarına sahip olduklarından daha fazla CO₂ tüketmektedir.Ayrıca orman ekosistemlerinde karbon, ağaçların gövdeleri, dalları yaprakları ve köklerinden oluşan canlı biyokütle ile ölü örtü, toprak organik maddesi ve diğer maddelerden oluşan cansız biyokütlerde ve ayrıca orman ürünlerinde depolanmaktadır(Zengin, 2007;Sarıyıldız, 2015). Orman ekosistemleri daha fazla karbon depolandığından ve depolanan karbonun uzun yıllar vejetasyonda ve toprakta tutabilme özelliklerinden dolayı küresel ısınmanın önlenmesinde öncelik ormanlara verilmektedir.Bu nedenle tropik ormanlar yeryüzündeki en büyük karbonbirikim alanları olarak değerlendirilmektedir.Dünya'daki toplam karbon birikiminin %80'i tropik ormanlarda, %17'si ılıman zon ve %3'ü de boreal ormanlarda depolanmaktadır(Brown, 1997).

Bir bölgedeki orman topraklarında depolanan karbon ve azot miktarlarında topografya, buna bağlı olarak mikroiklim özelliklerindeki değişimler, toprak organik maddesini ve dolayısıyla orman toprağında bulunan ve depolanan karbon ve azot miktarını etkileyen faktörlerdir. Yükseklik, iklim özelliklerine etki ettiği, yüksekliğin artmasıyla sıcaklığın azalışı ve yağış miktarının artması ölü örtü ayrışma koşullarını değiştirdiği için, toprak organik madde miktarını da etkilemektedir.Eğimin yüksek olduğuyerlerde ölü örtü ve üst toprak taşındığından topraklarda depolanan karbon

azalmaktadır (Sarıyıldız, Anderson ve Küçük., 2005; Sarıyıldız ve Küçük, 2008). Aynı bakımlar arasında iklim farklılıklarından dolayı ölü örtüde depolanan karbon miktarı farklı olabilmektedir (Sarıyıldız vd., 2005; Sarıyıldız, vd., 2008). Kuzey bakımlar, güney bakımlara göre daha nemli olduğundan topraklarda daha fazla karbon depolanabilmektedir. Ağaç türleri de karbon depolaması üzerine farklı etkiler göstermektedir. Orman ağaç türlerinden bazılarının yaprak ve odunları daha zor ayrışmaktadır. Örneğin kayın ağaçlarının yaprak özelliklerinden ve kimyasal yapılarından dolayı ölü örtü ayrışması daha yavaş olabilmektedir (Kantarıcı, 2000; Sarıyıldız ve Anderson, 2003a). Ayrıca kayın ormanı altında orman gülünün bulunduğu yerlerde ham humus oluşumu nedeniyle organik madde ölü örtüde birikmekte, topraklardaki organik karbon miktarı ise ölü örtünün ayrışmaması ve toprakla karışmamasından dolayı daha az olabilmektedir (Sarıyıldız ve Küçük, 2009). Sığ kök sistemine sahip olan ağaçların bulunduğu topraklarda da daha az karbon birikebilmektedir (Sarıyıldız, 2015).

Ormanların yaş, kapalılık, sıklık, karışım oranı gibi kuruluş özellikleri de toprak organik maddesini etkilemektedir (Sarıyıldız, 2008b). Kapalılık derecesi yüksek olan ormanlarda gerek meşcere içine ulaşan ışık ve sıcaklığın az olması, gerekse ağaçlardan daha fazla yaprak dökümü gerçekleşmesi sebebiyle depo edilen karbon miktarının fazla olması beklenebilir. Ormanlardaki ağaçların ortalama yaşına bağlı olarak da meşcere içine ulaşan ışık ve sıcaklığın az olması ve ağaçlardan daha fazla yaprak dökümü gerçekleşmesi nedeniyle topraklarda depolanan karbon miktarı artabilmektedir (Sarıyıldız vd., 2008b). Karışık ormanlarda ise mikrobiyolojik faaliyet daha hızlı olduğu için ve daha uygun ekolojik şartlardan dolayı ölü örtü ayrışması daha hızlıdır (Sarıyıldız, Tüfekçioğlu ve Küçük., 2005). Ölü örtüde bulunan selüloz, hemiselüloz, lignin, protein, tanen, kütin, reçine vb. organik maddelerin miktarı da ölü örtü ayrışması üzerinde etkilidir ve lignin içeriği fazla olan organik maddelerin ayrışması daha uzun sürede olmaktadır (Sarıyıldız, 2003).

Toprakta nem, sıcaklık, hava, pH ve besin maddelerine bağlı olarak ölü örtü ayrışma hızı değişmektedir. Ölü örtüde ayrışma hızı C/N oranı ile belirlenebilmektedir. Bu oran düşükse (<15) ölü örtü oksitlenme ile hızla ayrışmaktadır ve karbon CO₂ olarak havaya geçmektedir, C/N oranının çok yüksek (>25) olması ölü örtünün yavaş ayrıştığı

anlamına gelmektedir (Kantarıcı, 2000). Ayırışma hızı yavaşladığında toprağa karışan karbon miktarı azalmaktadır.

Tarım topraklarının daha düşük karbon ve azot depolama kapasitesine sahip olmasında birçok faktör etkili olmaktadır. Toprak işleme tekniklerin etkisi bu faktörlerin başında gelmekte olup, genel olarak toprak işleme organik karbonun mikrobiyal ayrıştırılmasını hızlandırmaktadır. Toprak işleme veya kültivasyonu topraklardaki agregatların kırılmasına ve agregatlar içerisinde fiziksel olarak korunan organik maddenin mikroorganizmalar tarafından parçalanmasına sebep olmaktadır. Makro agregatlar, mikro agregatların bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Arazi kullanım teknikleri toprakta mikro ve makro agregat dağılımını ve bunun bir sonucu olarak da toprakta fiziksel karbon parçacıklarını etkileyebilmektedir (Demirci, 2008). Agregatlar toprakta organik karbonun depolanması ve korunumunu da kilit görevi görmektedir. Toprak işleme agregat oluşumu ve stabilitesi üzerine olumsuz bir etkiye sahiptir. Bunun sebebi, yoğun toprak işleme organik maddenin oldukça hızlı bir şekilde azalmasına neden olmaktadır. Orman ekosistemlerindeki toprakların agregat oluşum düzeyleri tarım toprağına göre daha iyi olmaktadır. Genellikle kaba tekstürlü topraklardaki agregatlar, ağır tekstürlü topraklardaki agregatlara göre toprak işleme tekniklerine karşı çok hassas olup, kolayca kırılabilirler. Toprak işleme aynı zamanda topraktaki redoks şartlarının, toprak suyu kimyasının ya da toprak içinde hareket edecek su miktarını belirleyerek karbon depolanmasını etkileyebilmektedir. Toprak redoks ve toprak suyu kimyasındaki değişikliklerin organik madde ile metalleri birbirine bağlayan bağları bozabilme potansiyeline sahiptirler (Schwertmann, 1988). Bu nedenle toprak karbon depolamayı değiştirebilirler. Örneğin, tarım topraklarında meydana gelen toprak sıkışması toprak mikro boşluklarındaki şartları oksidasyondan redüksiyona değiştirebilir, bu değişimde metallerin minerolojisini ve oksidasyon durumunu etkileyerek, organik maddenin ve metallerin toprak suyuna salınmasıyla sonuçlanabilir (Sposito, 1989). Tarım topraklarının gübrelenmesi veya kireçlenmesiyle toprak suyunun iyonik gücündeki değişim metal humusun çözünürlüğünü değiştirecektir (Ugolini ve Dahlgren 1991). Böyle değişimler metal karışımını oluşturmuş organik grupların salınmasıyla sonuçlanabilir (Takahashi, T., Fukuoka T. ve Dahlgren R.A., 1995). Toprak pH'ındaki

değişikliklerde toprak karbon ve besin elementlerinin tutulmasını sağlayan toprak yeteneğinin değişmesine neden olabilirler (Krishnaswamy ve Richter, 2002).

Yıllık olarak net 30 Gt karbondioksitin salındığı düşünüldüğünde (IPCC, 2007), tarım ve ormancılık sektörlerinin yılda 12 Gt karbondioksiti tutabileceği tahmin edilmektedir (Smith vd., 2007; Nabuurs vd., 2007). Bununla beraber, topraklara müdahale geleneksel tarım yöntemlerinin doğal bir parçası durumundadır. Bu müdahaleler tarımsal alanların karbon depolamasını tüketmektedir. Toprağın sürülmesi tohum yataklarını geliştirmek ve yabancı bitkileri kontrol etmek için yapılmaktadır. Fakat toprak sürülmesi toprak agregatlarının kırılmasına, toprak mikroikliminin değişmesine, toprak organik maddesinin ayrışmasına ve toprak depolanan karbonunun azalmasına neden olmaktadır (Paustian, K., Collins, H.P. ve Paul, E.A., 1997). Geleneksel olarak yapılan nadasa bırakma, su dengesini geliştirmekte, fakat karbon girişini ciddi olarak azaltmaktadır (Peterson, G.A., ve Westfall D.G., 2004). Tarım ürünlerinin hasat edilmesinde faydalı ürünlerin kullanılmasını arttırmakla beraber, toprağa girecek olan karbon miktarını azaltmaktadır (Wilts vd., 2004). Burada sunulan çalışma sonuçları da göstermiştir ki tarım topraklarımız karbon ve azot tutma bakımından orman ve çayırılık, otlak alanlara göre daha fakirdirler. Bununla beraber, geleneksel tarım yöntemlerini değiştirerek ve bazı önlemleri alarak tarım topraklarının karbon ve azot depolama kapasitelerini arttırmak mümkündür. Tarım topraklarına aşırı müdahaleyi azaltarak, toprak üstü biyokütleyi muhafaza ederek, daha kısa dönem nadas uygulanırsa, yeşil örtüleme yapılırsa ve kalın köklü biyokütle kullanılırsa tarım topraklarındaki karbonu arttırmak mümkündür. Uzun dönem toprak işleminin, toprak karbon deposunun %20-50'lere varan kısmının azalmasına neden olduğu bildirilmiştir (Haas H.J., Evans C.E. ve Miles E.F., 2002; Murty, D., Kirschbaum, M.U.F., McMurtrie, R.E. ve McGilvray, H., 2002). Bu nedenle, koruyucu toprak işleme (yani toprağın karışmasını azaltarak, etkilenen alanı düşürerek ya da sıklık derecesini azaltarak yapılan toprak işleme yöntemi) ya da hiçbir toprak işleme yapılmaması Dünya'da oldukça yaygınlaşma eğilimindedir. Araştırmacılar, West ve Post (2002) koruyucu toprak işleminin hiç toprak işleme yapılmamasına dönüşüm bir yılda bir hektarlık alanda 2,2 ton karbonun tutulmasına neden olduğunu bildirmiştir. Bunların yanında, toprak yüzeyini örten ürünlerin kullanımı, yeşil gübreleme, ara ürünler ve daha karmaşık ürün rotasyonunun kullanılmasında topraklara

karbon girişini yükseltecektir. Özellikle yeşil gübreleme ve ara tahılların kullanılması toprak sistemi içinde azot dengesini geliştirerek verimliliği arttıracaktır. Gelişen toprak yüzeyi örtücü tahıllar toprak korumayı ve yer altı su kalitesini geliştirir, böcek zararlılarını kontrol eder, karbon girişini arttırarak toprakta karbon depolanmasını yükseltir.

Bozulmuş arazilerin yeniden rehabilitasyonu, aşırı otlatmanın negatif etkilerinin en aza indirilmesi ve üretimi arttırarak (gelişmiş türleri ekerek, sulama ya da gübreleme yaparak) karbon mera veya çayırılık alanlarda tutulabilir (Follett, R.F., Kimble, J.M. ve Lal, R., 2001; Conant ve Paustian,2002). Agroforestry (tarımsal ormancılık) vejetasyon devresini uzatarak, su ve besin elementlerinin alım ortamlarını genişleterek karbon alımını arttırabilir, azot bağlayıcı bitkilerle toprak verimliliğini geliştirir(Nair, P.K.R., Kumar, B.M., ve Nair, V.D., 2009). Gelişmiş agroforestry sistemleri ile verimsiz ve bozunmuş tarım ve çayırılık alanların agroforestrye dönüşümünün 2040 yılına kadar yılda yaklaşık 40 Gt karbondioksiti bağlama potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Nair vd., 2009; IPCC, 2000).

Tarım ve çayırılık alanlarda, topraklara hayvan gübresi eklemek toprak organik maddesini arttırabilmektedir (Smith vd., 2007; Conant vd., 2001). Smith vd. (2008) kullanılan bölgenin iklim özelliklerine bağlı olarak hayvan gübresinin ya da biyokatılların kullanılmasının teknik olarak karbon tutma potansiyeli yılda bir hektarlık alanda 1.54 ile 2.78 ton arasında olduğunu bildirmişlerdir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kastamonu İl sınırları içinde, aynı iklim özellikleri altında birbirine bitişik farklı amaçlar için kullanılan orman-tarım-çayırılık alanlarının toprak özellikleri ve özellikle karbon ve azot miktarları ve depolama kapasitelerinin araştırıldığı bu çalışmada;Ormanlık alanların karbon ve azot depolama kapasiteleri, diğer çalışılan tarım ve çayırılık alanlara göre daha yüksek olarak bulunmuştur, en düşük karbon ve azot depolama tarım topraklarında belirlenirken, çayırılık alanlar tüm toprak derinliği karşılaştırıldığında ormanlık alanlara yakın değerler göstermiştir. Bu sonuçlar literatürde bu konuda yapılan bir çok çalışma sonuçları ile aynı yönde olmakla beraber, %66'ya yakını ormanlık alanlarla kaplı Kastamonu Bölgesi'nde toprak hacim ağırlığı ve toprak kütlesini de dikkate alarak bu konuda yapılan ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır.

Literatürde, ormanların bir birim alanda tarım alanlarından 20 ile 200 katı kadar daha karbon biyokütlesine sahip olduğu belirtilmektedir, burada sunulan sonuçlar incelendiğinde, ormanlık alanların tarım topraklarına göre toplamda 2 katına yakın daha fazla karbon depoladığı görülmektedir, bunun en önemli sebebi Kastamonu Bölgesi tarımsal alanlarının toprak işleminin arazilerin çok eğimli olması sebebiyle halen daha insan gücü ve hayvan gücü ile yapıldığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ormanlık alanlarla çayırılık alanların toprak karbon depolaması değerlerinin birbirine yakın olmasının nedeninin, çayırılık alanın aşırı otlatma baskısı altında olmaması ve ormanlık alanlara çok yakın mesafede olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuçlara bakılarak orman içlerindeki çayırılık alanların ormana dönüştürülmesine gerek olmadığı sonucuna varılabilir.

Çayırılık alanlarda depolanan karbon miktarını artırmak için, aşırı otlatmanın engellenmesi ve planlı bir rotasyonla yapılması gerekir.

Tarımsal alanlarda depolanan karbon miktarının az olması, kullanılan ağır teknoloji traktör, biçer döver vb makinelerle toprak işlenmesi ve gübreleme, ilaçlama, hasat, sulama ve diğer faaliyetler sırasında bir çok müdahaleye maruz kalmalarından kaynaklanmaktadır.

Bu müdahaleler sırasında topraklardaki agregatların kırılmasından dolayı, toprakta mikroiklimin değişmesi ve agregatlar içerisinde fiziksel olarak korunan organik maddenin mikroorganizmalar tarafından parçalanması toprak organik maddesinin ayrışmasına ve böylece toprakta depolanan karbonun azalmasına neden olmaktadır. Bu sebeple tarım topraklarına aşırı müdahale azaltılmalı, toprak üstü biyokütleyi muhafaza edilerek, daha kısa dönem nadas uygulanmalı, yeşil örtüleme yapılmalı ve kalın köklü biyokütle kullanılarak tarım topraklarındaki karbon depolamasının artırılması sağlanmalıdır. Uzun dönem toprak işlenmesi, toprak karbon deposunun %20-%50'lere varan kısmının azalmasına neden olduğundan, koruyucu toprak işlenmesi (yani toprağın karışmasını azaltarak, etkilenen alanı düşürerek ya da sıklık derecesini azaltarak yapılan toprak işleme yöntemi) yapılmalıdır.

Vejetasyon devresini uzatarak, su ve besin elementlerinin alım ortamlarını genişleterek, karbon alımını arttırabildiği, azot bağlayıcı bitkilerle toprak verimliliğini geliştirdiği için gelişmiş agroforestry sistemleri ile verimsiz ve bozunmuş tarım ve çayırılık alanların agroforestrye dönüşü sağlanabilir.

Ormanların bir birim alanda ziraat alanlarından 20 ile 200 katı kadar daha karbon biyokütlesine sahip oldukları görüldüğünden ormanların açıklık alanlara, otlaklara veya tarım alanlarına dönüştürülmesi genel olarak alandaki karbon miktarının azalmasına neden olacağından ormanlık alanların tarım alanı ya da açıklık alanlara dönüştürülmesi önlenmelidir.

Orman topraklarında depolanan karbon ve azot miktarlarında arazi kullanım değişikliği, iklim, yükseklik, eğim, bakı, ormanlarının yaşı, kapalılığı, sıklık derecesi, ağaç türü ve karışım oranı gibi özellikler de etkili olduğundan, bu özelliklerin karbon tutulumuna olan etkisini belirleyecek çalışmalar artırılmalıdır.

Eğimin yüksek olduğu yerlerde ölü örtü ve toprağın üst kısmı erozyonla taşındığından karbon topraklarda daha az depolanmaktadır. Arazi kullanım planlarına mutlak uyulmalı, ormanların planlanmasında ve işletilmesinde eğim dikkate alınmalıdır.

Atmosferdeki karbondioksitin organik madde haline dönüşmesi, bitkilerin yaprak miktarı ile doğru orantılı olarak artacaktır. Ormanlar, diğer ekosistemlere göre daha çok bitki ve yaprak miktarına sahip olduklarından meralara ve tarımsal alanlara oranla daha fazla CO₂ tüketmektedir. Bu durumda iklim değişikliğinin yavaşlatılmasında orman ekosistemlerine daha çok önem verilmektedir. Ormansızlaşma, otlak alanlarının degradasyonu ve tarım alanlarına dönüşümü biyokütleden ve toprak karbon havuzundan 450-800 Gt karbondioksitin salınmasını harekete geçirdiği düşünüldüğünde ormanların tarım ve açıklık alanlara dönüştürülmesi önlenmeli, topraklardan arazi kullanımındaki değişimlerle kaybolan organik karbonun en aza indirilmesi yönünde çalışmalar yapılmalı ve son zamanlarda Dünya gündeminde önemli yeri olan bu konularda toplum medya ve diğer araçlarla bilgilendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Babuş, D. (2005). Küresel Isınma Sorununun Uluslar Arası Çevre Politikası İçerisinde İrdelenmesi ve Türkiye'nin Yeri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı. Adana.
- Başaran, M. (2003). Türkiye'nin Organik Karbon Stoğu. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2004,8,(3/4),31-36.
- Bouyoucos, G.J. 1936. Directions for Making Mechanical Analysis of Soils by the Hydrometer Method. *Soil Science* 4, 225 - 228.
- Brown, S. (1997). Ormanlar ve İklim Değişikliği. *Karbon Rezervi Olarak Ormanlık Alanların Rolü, 11. Dünya Ormanlık Kongresi Bildirileri*, (1), 89-102,13-22 Ekim, Antalya.
- Buyanovsky, G.A., Kucera, C.L., & Wagner, G.H. (1987). Comparative analyses of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. *Ecology*, 68,2023-2031.
- Büyükgüner, E. (2007). Farklı Kullanım Altındaki Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek lisans tezi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Tokat.
- Canadell, J., Le Quere, C., Raupacha, M., Fielde, C., Buitenhuis, E., Ciais, F., et al. (2007). Contribution to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, no 47, 18866-18870 [5 page(s), (article)].
- Chenu, C., Le Bissonnais, Y., Besnard, E., Arias, M., & Arrouyas, D. (1999). The Influence of Cultivation on the Composition and Properties of Clay Organic Matter Associations from Soils. *Journal of Conference Abstracts*. Volume, 4 Number, (1). Symposium LO3, Session LO3. 1B. Humic Substances Soils and Sediments. France.
- Conant, R.T., Paustian, K., & Elliott, E.T. (2001). Grassland management and conversion into grassland effects on soil carbon. *Ecological Applications*, 11, 343-355.
- Conant, R.T., & Paustian, K. (2002). Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. *Glob Biogeochem Cycles*, 16, 1143.
- Demirci, S. (2008). Farklı Arazi Kullanımlarında Agregatlara Bağlı Karbon İle Biyolojik Karbon Ve Azot Fraksiyonlarının Belirlenmesi. Yüksek lisans tezi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Tokat.

- Dexter, A. R. (2004). Soil physical quality, Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effect on root growth. *Geoderma*, 120, 201-214.
- Dunjo, G., Pardini, G., & Gispert, M. (2003). Land use change effects on abandoned terraced soils in a Mediterranean catchment, N.E. Spain. *Catena* 52, 23-37.
- Ellert, B., & Gregorich, E.G. (1996). Storage of carbon, nitrogen and phosphorus in cultivated and adjacent forest soils of Ontario. *Soil Science*, 1619, 587-603.
- Evrendilek, F., Çelik, I., & Kılıç, S. (2004). Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, and cropland ecosystems in Turkey. *Journal of Arid Environments*, 59, 743-752.
- Fanning, D.S., & Fanning, M.C.B. (1989). *Soil Morphology, genesis and classification*. New York, USA: John Wiley & Sons.
- Follett, R.F., Kimble, J.M., & Lal, R. (2001). *The potential of U.S. grazing lands to sequester soil carbon*. Chelsea, MI: CRC Press.
- Grerup, U.F., Brink, D.J., & Brunet, J. (2006). Land use effects on soil N, P, C and pH persist over 40-80 years of forest growth on agricultural soils. *Forest Ecology and Management* 225, 74-81.
- Göl, C. (2007). Arazi Kullanım Türü İle Toprak Organik Karbon Depolama Arasındaki İlişkiler. *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi*, 411-419, 11 - 13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul.
- Gülçur, F. (1974). *Torağın Fiziksel Ve Kimyasal Analiz Metodları*. İ.Ü. Orman Fakültesi, 201, İstanbul: Kutulmuş Matbaası.
- Haas, H.J., Evans, C.E., & Miles, E.F., (2002). *Nitrogen and Carbon Changes in Great Plains Soils as Influenced by Cropping and Soil Treatments*. USDA-ARS: Technical Bulletin, 1164.
- Hart, P.B.S., August, J.A., Ross, C.W., & Julian, J.F., (1988). Some biochemical and physical properties of Tokomaru silt loam under pasture and after 10 years of cereal cropping. *New Zealand Journal Agricultural Research*, 31, 77-86.
- Harvey, L.D.D. (2000). Global warming. *The hard science*, 336. Singapore: Pearson Education.
- Haynes, R.J., & Swift, R.S. (1990). Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *Journal of Soil Science*, 41, 73-83.
- Haynes, R.J., Swift, R.S. & Stephen, R.C. (1991). Influence of mixed cropping rotations (pasture-arable) on organic matter content, water stable

- aggregation and clod porosity in a group of soils. *Soil Tillage Research*, 19, 77-87.
- Houghton, R. A. (1991). Tropical deforestation and atmospheric carbon cycle. *Climate Change*, 19, 99-118.
- Houghton, R.A., Hobbie, J.E., Melillo, J.M., Moore, B., Peterson, B.J, Shaver, G.R., et al. (1983). Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1980, a net release of CO₂ to the atmosphere. *Ecological Monographs*, 53, 235–262.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2000). *Land Use, Land Use Change, and Forestry*. A Special Report of the IPCC. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC),(2001). Climate Change, The Scientific Basis- Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. *Institute for Global Environmental Strategies (IGES)*, Hayama, Japan.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2007). Climate Change 2007. *Synthesis Report*.
- Jaiyeoba, I.A.(2003). Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid Savannah. *Soil and Tillage Research*, 70, 91-98.
- Janzen, H.H.(2004). Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective, Agriculture. *Ecosystems and Environment*, 104, 399-417.
- Jenkinson, D.S.(1971). The accumulation of organic matter in soil left uncultivated. *Report of the Rothamsted Experimental Station for 1970*, Part 2, 113-137.
- Johnston, M.H., Homann, P.S., Engstrom, J.K., & Grigal, D.F.(1996). Changes in ecosystem carbon storage over 40 years on an old field/forest landscape in east-central Minnesota. *Forest Ecology and Management*, 83, 17– 26.
- Kantarıcı, M. D.(2000). *Toprak İlimi*. 2. Baskı, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No, 462. İstanbul:Çantay Basımevi.
- Kara, Ö.,& Bolat, I. (2008). Bartın İli Orman ve Tarım Topraklarının Mikrobiyal Biyokütle Karbon (C_{mic}) ve Azot (N_{mic}) İçerikleri. *Ekoloji Dergisi*, 18, 69, 32-40.

- Karagül, R.(1996). Trabzon, Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi KullanımŞekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri Ve Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması.*Tübitak*, 23, 53-68.
- Koçyiğit, R.,& Rice, C.W.(2004). Carbon dynamics in tallgrass prairie and wheatecosystems. *Tübitak*, 28,141-153.
- Kosmas, C., Gerontidis, S.,& Marathianou, M.(2000). The effect of land use change on soils and vegetation over various lithological formations on Lesvos. *Catena* 40, 51-68.
- Körner, C. (1989). The nutrients status of plants from high elevation, a worldwide comparison. *Oecologia*, 81, 379-391.
- Krishnaswamy, J.,& Richter, D.D. (2002). Properties of advanced weathering-stagesoils in tropical forests and pastures. *Soil Science*, 66, 244–253.
- Lal, R.(2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304,1623-1627.
- Lal, R.(2005). Forest soils and carbon sequestration.*Forest Ecology and Management*, 220,242-258.
- Landsberg, J. J.,& Gower, S. T. (1997). *Application of physiological ecology to forestmanagement*.London, Academic, p. 354.
- Macaroğlu, K. (2011). Bartın Yöresi Karışık Meşcerelerin Biyokütle Ve Karbon Depopolama Kapasitelerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Bartın.
- Mann, L.K.(1986). Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science*,142,279-288.
- Marland, G., Boden, T.A.,&Andres, R.J. (2000).*Global, regional, and national CO₂ emissions*.In. Trends. A Compendium of Data on Global Change. Oak Ridge, TN. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy.
- Murty, D., Kirschbaum, M.U.F., McMurtrie, R.E.,&McGilvray, H. (2002). Does conversion of forest to agricultural land changes soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Global Change Biology*, 8, 105-123.
- Nabuurs, G.J., Maser, O., Andrasko, K., Benitez-Ponce, P., Boer, R., Dutschke, M.,et.al.(2007).Forestry. In. Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA, editors. Climate Change 2007.*Mitigation Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

- Nair, P.K.R., Kumar, B.M., & Nair, V.D., (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172, 10-23.
- Neufeldt, H., Resck, D.V.S., & Ayarza, M.A.(2002). Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil. *Geoderma* 107, 151-164.
- Paul, E.A., Paustian, K.H., Elliot, E.T., & Cole, C.V.(1997). *Soil organic matter in temperate agroecosystems. Long-term experiment in North America*. Boca Raton, Florida, U.S.:CRC Press.
- Paustian, K., Collins, H.P., & Paul, E.A.(1997). *Management controls on soil carbon*. In. Paul EA, Paustian K, Elliot ET, Cole CV, eds. *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 15-49.
- Peterson, G.A., & Westfall D.G. (2004). Managing precipitation use in sustainably dryland agroecosystems. *Annals of Applied Biology*, 144, 127-138.
- Potter, K.N., & Derner, J.D.(2006). Soil carbon pools in central Texas. Prairies, restored grasslands, and croplands. *Journal of Soil water conservation*, 61, 124-128.
- Post, W.M., & Kwan, K.C.(2000). Soil organic carbon sequestration and land use change: Processes and potential. *Global Change Biology*, 6, 317-327.
- Riezebos, H.T., & Loerts, A.C.(1998). Influence of land use change and tillage practice on soil organic matter southern Brazil and eastern Paraguay. *Soil and Tillage Research*, 49, 271-275.
- Sandra, H., Thomas, A., Jens, L., & Peter, W.(2008). The effects of tillage system on soil organic carbon under moist, cold-temperature conditions. *Soil and Tillage Research*, 98, 94-105.
- Sariyildiz, T. & Anderson, J.M. (2003a). Decomposition of sun and shade leaves from three deciduous tree species, as affected by their chemical composition. *Biology and Fertility of Soils*, 37, 137-146.
- Sariyildiz, T. & Anderson, J.M. (2003b). Interactions between litter quality, decomposition and soil fertility, a laboratory study. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 391-399.
- Sariyildiz, T.(2003). Litter decomposition of *Picea orientalis*, *Pinus sylvestris* and *Castanea sativa* trees grown in Artvin in relation to their initial litter quality variables. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27, 237-243.
- Sariyildiz, T. & Anderson, J.M. (2005). Variation in the chemical composition of green leaves and leaf litters from three deciduous tree species growing on different soil types. *Forest Ecology and Management*, 210 (1-3), 303-319.

- Sariyildiz, T., Anderson, J.M.,&Küçük,M.(2005a). Effects of tree species andtopography on soil chemistry, litter quality and decomposition in Northeast Turkey.*Soil Biology and Biochemistry*, 37, (9), 1695-1706.
- Sariyildiz, T., Tüfekcioglu,A.,& Küçük, M. (2005b).Comparison of DecompositionRates of Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) Litter in Pure and Mixed Stands of Both Species in Artvin, Turkey.*Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 429-438.
- Sariyildiz, T.,&Anderson, J.M., (2006).Intra-specific variation in cell Wallconstituents of needle age classes of *Pinus sylvestris* in relation to soil fertility status in Southwest England.*Silva Fennica*, 40,(1), 15-26.
- Sariyildiz, T.,Akkuzu, E., Küçük, M., Duman, A.,&Aksu, Y.(2008). Effects of *Ipsypographus* (L.) damage on litter quality and decomposition rates of Oriental Spruce (*Picea Orientalis* (L.) Link.) in Hatila Valley National Park, Turkey.*European Journal of Forest Research*, 127 (5), 429-440.
- Sariyildiz, T.,&Küçük, M. (2008).Litter Mass Loss Rates in Deciduous andConiferous Trees in Artvin, Northeast Turkey, Relationships With Litter Quality, Microclimate and Soil Characteristics.*Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32 (6), 547-559.
- Sariyildiz, T.,(2008a).Effects of tree canopy on long-term litter decomposition ratesof fir, spruce and pine species in northeast Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23 (4), 330-338.
- Sariyildiz, T.,(2008b). Effects of Gap Size on Long-Term Litter DecompositionRates of Beech, Oak and Chestnut Species in a high-elevation of northeast Turkey.*Ecosystems*, 11 (6), 841-853.
- Sariyildiz, T. & Küçük, M.,(2009). Influence of slope position, stand type andrhododendron (*Rhododendron ponticum*) on litter decomposition rates of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) and spruce (*Picea orientalis* (L.) Link).*European Journal of Forest Research*, 128 (4), 351-360.
- Sariyildiz, T.,(2015). Effects of tree species and topography on fine and small rootdecomposition rates of three common tree species (*Alnus glutinosa*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris*) in Turkey.*Forest Ecology and Management*, 335, 71-86.
- Sariyildiz, T., Savacı, G., & Kravkaz, İ.S.(2015). Effects of Tree Species, Stand Age andLand-Use Change on Soil Carbon and Nitrogen Stock Rates in Northwest of Turkey.*iForest - Biogeosciences and Forestry*, early view, 6,(9), 165-170.
doi: 10.3832/ifor1567-008
- Saviozzi, A., Minzi, R.L., Cardelli, R.,& Riffaldi, R.(2001). A compasion of soilquality in adjacent cultivated forest and native grassland soils. *Plant and soil* 233, 251- 259.

- Schachtschabel, P., Blume, H.P., Brümmer, G., Hartge, K.H., &Schwertmann, U. (2007). Scheffer/Schachtschabel *Toprak Bilimi*, yeniden ele alınarak hazırlanmış 12. baskı, Çeviri. H. Özbek, Z. Kaya, M. Gök, H. Kaptan, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No.73, Ders Kitapları yayın No. A-16, Adana.
- Schwertmann, U. (1988). *Occurrence and formation of iron oxides in various pedo environments*. In: Stucki J.W., Goodman B.A. and Schwertmann U. (editors), *Iron in Soils and Clay Minerals*. 267-308. Norwell, Massachusetts, USA: Reidel Publishing Company.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., et.al. (2007). *Mitigation Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., et.al. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, 363, 789-813.
- Sotomayor, D. & Rice, C.W. (1999). Soil air carbon dioxide and nitrous oxide concentrations in profiles under tallgrass prairie and cultivation. *Journal Environmental Quality*, 28, 784-793.
- Sposito, G. (1989). *The Chemistry of Soils*. 2. Baskı. New York: Oxford University Press.
- Şahin, M. (2007). Sera Gazı Emisyonları ve Azaltım Politikaları. *Temiz Enerji Teknolojileri Konferansı*. İstanbul.
- Takahashi, T., Fukuoka T., & Dahlgren R.A. (1995). Aluminum solubility and release rates from soil horizons dominated by aluminum-humus complexes. *Soil Science and Plant Nutrition* 41, 119-131.
- Tolunay, D., & Çömez, A. (2008). Orman Topraklarında Karbon Depolanması ve Türkiye'deki Durum. *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar*, 97-108, 13-14 Aralık 2007, İstanbul.
- Türkeş, M. (1999). İklim değişikliği ve tropikal fırtınalar. *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, 376, 85.
- Türkeş, M., Sümer, U. M., & Çetiner, G. (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. *Çevre Bakanlığı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları*, Ankara.
- Tompson, L.M. (1952). *Soil and Soil Fertility*. New York: McGrawHill Book Companies Incorporated.

- Ugolini F.C.,& Dahlgren R.A.(1991). Weathering environments and occurrence of fimoagolite/allophane in selected andisols and spodosols. *Soil Science Society of America Journal*,55,1166-1171.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), (2008). National Inventory Submissions 2007.
- United States Department of Energy (DOE), (2000). Carbon Sequestration Research and Development, *DOE/SC/FE-1*, Washington, D.C.
- URL-1. Küresel Isınma Nedir, Sebepleri Nelerdir, 22/04/2015 tarihinde <http://www.kuresel-isinma.org/bilgiler/item/192-.html> adresinden alınmıştır.
- URL-2, Kastamonu İl'inin İklimi, 20.10.2015 tarihinde <http://www.kastamonukultur.gov.tr> adresinden alınmıştır.
- URL-3, Kastamonu İl'inin Jeolojisi, <http://www.kastamonu.gov.tr> adresinden 21/10/2015 tarihinde alınmıştır.
- Vogt, K., Grier, C.C.,& Vogt, D.J., (1986). Production, turnover, and nutrient Dynamics of above-and below-ground detritus of world forests. *Advances in Ecological Research*,15, 303-377.
- Vitousek, P. M. (1994). *Factors controlling ecosystem structure and function. Factors of soil formation, A fifth Anniversary Retrospective*. 33. Wisconsin, USA: Soil Science Society of America special publication.
- Wang, J., Fu, B., Qiu, Y., & Chen, L.(2001). Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess plateau in China. *Journal of Arid Environments*, 48, 537-550.
- West T.O.,& Post W.M., (2002). Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation, a global data analysis. *Soil Science Society of America*,66, 1930-1946.
- Whitbread, A.M., Lefroy, R.D.B.,& Blair, G.J.(1996). *Changes in soil physical properties and soil organic carbon fractions with cropping on a red Brown earth soil*. Department of Agronomy and Soil Science, University of England, Armidale NSW, 2351.
- Wilts, A.R., Reicosky, D.C., Allmaras, R.R., & Clapp, C.E. (2004). Long-term corn residue effects, harvest alternatives, soil carbon turnover, and root-derived carbon. *Soil Science Society of America*, 68, 1342-1351.
- Yüksek, T.,& Kalay, H.Z., (2002). Kızılağaç Baltalık Büklerinin Çay Tarımına Dönüştürülmesi Sonucu Toprakların Bazı Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimlerin Karşılaştırılması. II. *Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*. Bildiriler Kitabı, Cilt II, 780-789, Artvin.

Zengin, H.(2007). Küresel İklim Değişiminin Geciktirilmesinde Karasal Ekosistemlerin Ve Özellikle Ormanların Rolü Ve Önemi Ile Türkiye'deki Durum.*Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunları Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*, 39-46, İstanbul.

Zhao, W.Z., Xiao, H.L.,& Liu, Z.M.(2004). Soil degradation and restoration asaffected by land use change in the semiarid Bashang area, northern China.*Catena*, 59, 173-186.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Züleyha MARAL
Doğum Yeri ve Yılı : Ünye, 1975
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce (Intermediate)
E-posta : z_maral@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Ünye Lisesi (1989-1992)
Lisans : İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi (1993-1997)

Mesleki Deneyim (Kurum ve Yıl)

İş Yeri : Orman ve Su İşleri Bakanlığı/ Orman Genel Müdürlüğü (1997)
Görevi : Fidanlık ve Tohum İşleri Dairesi Başkanlığı/Şube Müdürü
ANKARA (2014-halen)