

Yaşlı Karaçam Meşcerelerinde Farklı Şiddetlerdeki Örtü
Yangınlarının Erozyon, Toprak Solunumu, Azot
Mineralizasyonu ve Mikrobiyal Biyokütle ile Diğer Bazı Toprak
Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Program Kodu: 1001

Proje No: 213O193

Proje Yürütücüsü:
Prof. Dr. Bülent SAĞLAM

Araştırmacılar:

Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK

Orman Müh. Mihtat ATEŞ

MAYIS 2017

ARTVİN

ÖNSÖZ

“Yaşlı Karaçam Meşcerelerinde Farklı Şiddetlerdeki Örtü Yangınlarının Erozyon, Toprak Solunumu, Azot Mineralizasyonu ve Mikrobiyal Biyokütle ile Diğer Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” isimli ve 213O193 numaralı bu proje TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Projeyi destekleyen Orman Genel Müdürlüğüne ile Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğüne teşekkür ederim. Proje kapsamında yürütülen arazi çalışmaları aşamasında her türlü teknik desteği sağlayıp gerekli kolaylıkları ve yardımları esirgemeyen Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Vezirköprü ve Çorum Orman İşletme Müdürlüklerinin yöneticileri ile teknik ve idari personellerine teşekkürü bir borç bilirim. Aynı zamanda, farklı zamanlarda arazi ve laboratuvar çalışmalarında TÜBİTAK bursiyeri olarak görev yapan tüm arkadaşlar ile proje araştırmacısı olan arkadaşlarıma yoğun emek ve katkıları sebebiyle şükranlarımı sunarım.

Projenin, başta ormancılık camiası, orman yangınları ve orman ekosistemiyle ilgilenen meslektaşlarımız olmak üzere, konuyla ilgilenen herkese ve bilim dünyasına faydalı olmasını temenni ederim.

Bülent SAĞLAM
Artvin, 2017

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	vii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	2
3. GEREÇ VE YÖNTEM	5
3.1 Deneme parsellerinin belirlenmesi ve hazırlanması	5
3.2 Yanıcı madde nem içeriğinin belirlenmesi ile ilgili ölçümler	7
3.3 Meteorolojik ölçümler	7
3.4 Yangın anında yapılan ölçümler.....	7
3.5 Yangın sonrası ölçümler	8
3.6 Yangın görmüş Karaçam meşcerelerinin toprak özelliklerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesinde uygulanan yöntemler	8
3.6.1 Toprak örneklerinin alınması ve analizi	9
3.6.2 Toprak solunumunun belirlenmesi.....	10
3.6.3 Azot mineralleşmesi potansiyelini belirlenmesi	11
3.6.4 Mikrobiyal biyokütlenin belirlenmesi	12
3.6.5 Yüzeysel akışla oluşacak toprak kaybı miktarının belirlenmesi.....	16
4. BULGULAR	18
4.1 Deneme Yangınları	18
4.2 Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri	22
4.2.1 Zamana göre Toprak Özelliklerinin Değişimi	22
4.2.2 Yangın Şiddetine göre Toprak Özelliklerinin Değişimi	32

4.3	Toprak Solunumuna Ait Özellikler	45
4.3.1	Toprak solunumu, nemi ve sıcaklığının zamana göre değişimi	45
4.3.2	Toprak solunumu, nemi ve sıcaklığının Yangın Şiddetine göre değişimi	48
4.3.3	Toprak solunumu, nemi ve sıcaklığının Zamana ve Yangın Şiddetine göre değişimi	50
4.4	Toprakta mineralleşmeye ait özellikler	52
4.4.1	Mineralleşmenin zamana göre değişimi	52
4.4.2	Mineralleşmenin alanlara göre değişimi	55
4.4.3	Mineralleşmenin yangın şiddetine göre değişimi	56
4.5	Toprakta mikrobiyal biokütleyle ait özellikler	60
4.5.1	Mikrobiyal biyokütlenin zamansal değişimi	60
4.5.2	Mikrobiyal biyokütlenin alanlara göre değişimi	61
4.5.3	Mikrobiyal biyokütlenin yangın şiddetine göre değişimi	62
4.6	Erozyon Miktarında Yangın Şiddeti ve Eğime Göre Değişim	66
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	70
	KAYNAKLAR	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Deneme alanlarında yapılan kontrollü yakma uygulaması	8
Şekil 2. Deneme alanlarında yakma sonrası dönemlerde toprak örneği alımı	10
Şekil 3. Mikro Destilasyon cihazında toprak örneklerinin destilasyonu.....	12
Şekil 4. Mikrobiyal biyokütle tayinin için ekstraktların hazırlanması.....	14
Şekil 5. Erozyon ölçümünde kullanılan 5 x 2 m ebadındaki yüzey akış parseli	17
Şekil 6. Düşük şiddetli düz deneme alanı yangın sıcaklıkları değişimi	18
Şekil 7. Orta şiddetli düz deneme alanı yangın sıcaklıkları değişimi (a ve b)	19
Şekil 8. Düşük şiddetli eğimli deneme alanı yangın sıcaklıkları değişimi.....	20
Şekil 9. Orta şiddetli eğimli deneme alanı yangın sıcaklıkları değişimi.....	20
Şekil 10. Zamana göre yangın ve kontrol sahalarındaki kum miktarlarının değişimi.....	23
Şekil 11. Zamana göre yangın ve kontrol sahalarındaki kil miktarının değişimi.....	24
Şekil 12. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında toz miktarının değişimi	25
Şekil 13. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında pH değerinin değişimi	26
Şekil 14. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında organik madde miktarının değişimi.....	27
Şekil 15. Zamana göre Yangın ve Kontrol sahasında faydalanabilir su kapasitesi içeriğinin değişimi.....	28
Şekil 16. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Kalsiyum (Ca) elementinin içeriğinin değişimi.....	29
Şekil 17. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Sodyum (Na) elementinin içeriğinin değişimi.....	30
Şekil 18. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Demir (Fe) elementinin içeriğinin değişimi	31
Şekil 19. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Potasyum (K) elementinin içeriğinin değişimi.....	31
Şekil 20. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Magnezyum (Mg) elementinin içeriğinin değişimi.....	32
Şekil 21. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında kum miktarının değişimi.....	33
Şekil 22. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında kil miktarının değişimi	34
Şekil 23. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında toz miktarının değişimi.....	36
Şekil 24. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında pH değerinin değişimi.....	37

Şekil 25. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) Yangın sahasında Organik Madde miktarının değişimi	39
Şekil 26. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) Yangın sahasında Ca elementi miktarının değişimi.....	41
Şekil 27. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında Fe elementi miktarının değişimi	42
Şekil 28. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında K elementi miktarının değişimi.....	43
Şekil 29. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında Mg elementi miktarının değişimi	44
Şekil 30. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında Na elementi miktarının değişimi.....	45
Şekil 31. Solunumun zamana göre değişimi	46
Şekil 32. Nemin zamana göre değişimi.....	47
Şekil 33. Sıcaklığın zamana göre değişimi	48
Şekil 34. Solunumun yangın şiddetine göre değişimi.....	48
Şekil 35. Yangın şiddetine göre toprak nemi değişimleri.....	49
Şekil 36. Yangın şiddetine göre sıcaklığın değişimi	50
Şekil 37. Solunumun zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.....	51
Şekil 38. Zamana ve yangın şiddetine göre nem değişimleri	51
Şekil 39. Zamana ve yangın şiddetine göre sıcaklığın değişimi	52
Şekil 40. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta toplam NH_4 mineralleşmesinin (kg/ha) zamana göre değişimi	53
Şekil 41. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta toplam NO_3 mineralleşmesinin (kg/ha) zamana göre değişimi	54
Şekil 42. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta toplam mineralleşmenin (kg/ha) zamana göre değişimi	55
Şekil 43. Üst toprakta mineralleşmenin yangın ve kontrol sahalarında değişimi	56
Şekil 44. Alt toprakta mineralleşmenin yangın ve kontrol sahalarında değişimi.....	56
Şekil 45. NH_4 mineralleşmesinin (kg/ha) yangın sahalarında alt ve üst toprakta yangın şiddetine göre değişimi.....	57
Şekil 46. NO_3 mineralleşmesinin (kg/ha) yangın sahalarında alt ve üst toprakta yangın şiddetine göre değişimi.....	58
Şekil 47. Toplam mineralleşmenin (kg/ha) yangın sahalarında alt ve üst toprakta yangın şiddetine göre değişimi.....	60
Şekil 48. Mikrobiyal karbonun alt ve üst toprakta zamansal değişimi	60

Şekil 49. Mikrobiyal azotun alt ve üst toprakta zamansal değişimi	61
Şekil 50. Mikrobiyal biyokütle karbonun (MBC) alt ve üst toprakta yangın ve kontrol sahalarında değişimi	62
Şekil 51. Mikrobiyal biyokütle azotun (MBN) alt ve üst toprakta yangın ve kontrol sahalarında değişimi	62
Şekil 52. Mikrobiyal biyokütle karbon (MBC) ve azotun (MBN) alt ve üst toprakta yangın şiddetine göre değişimi	63
Şekil 53. Mikrobiyal biyokütle karbonun (MBC) alt ve üst toprakta farklı yangın şiddetinde zamansal olarak değişimi	64
Şekil 54. Mikrobiyal biyokütle azotun (MBN) alt ve üst toprakta farklı yangın şiddetinde zamansal olarak değişimi	65
Şekil 55. Deneme alanlarında görülen toplam yüzey toprak erozyonunun yangın ve kontrol sahalarındaki değişimi ve genel ortalamaları	66
Şekil 56. Deneme alanlarındaki kontrol ve yangın parsellerinde gerçekleşen ortalama yüzey erozyonu miktarları ve aralarındaki farklar (İstatistik analizinde <i>t-testi</i> kullanılmıştır, $p < 0.05$).	67
Şekil 57. Deneme alanlarındaki kontrol ve yangın parsellerinde gerçekleşen ortalama yüzey erozyonu miktarları ve aralarındaki farklar; az ve çok eğimli, düşük ve orta yangın şiddetli parsellerde gerçekleşen yüzey erozyonu miktarları aralarındaki farklar (İstatistik analizinde <i>t-testi</i> kullanılmıştır, $p < 0,05$)	68
Şekil 58. Deneme alanlarındaki kontrol ve yangın parsellerinde gerçekleşen yüzey erozyonunun çalışma süresince değişimi	69
Şekil 59. Çalışma süresinde gerçekleşen toplam 20 mm ve üzeri günlük yağışların sayısı ve yıllara (2013, 2014, 2015) dağılımı.	69

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Kontrollü yangınlarda elde edilen sonuçlar	21
Tablo 2. Yangın şiddeti sınıfları ile buna göre belirlenmiş yangın tipi ve yangınlarla mücadele durumu.....	21
Tablo 3. Zamana göre yangın ve kontrol sahalarında kum miktarlarının değişimi	22
Tablo 4. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında kil miktarının değişimi	23
Tablo 5. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında toz miktarının değişimi	24
Tablo 6. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında pH değerlerinin değişimleri	26
Tablo 7. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Organik Madde miktarının değişimi.....	27
Tablo 8. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında faydalanabilir su kapasitesi içeriğinin değişimi.....	28
Tablo 9. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Kalsiyum (Ca) elementinin içeriğinin değişimi.....	29
Tablo 10. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Sodyum (Na) elementinin içeriğinin değişimi.....	30
Tablo 11. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında kum miktarının değişimi	32
Tablo 12. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında kil miktarının değişimi	33
Tablo 13. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında toz miktarının değişimi	35
Tablo 14. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında pH değerinin değişimi	37
Tablo 15. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında Organik Madde miktarının değişimi.....	38
Tablo 16. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında FSK içeriği değişimi.....	40
Tablo 17. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında besin elementleri içeriği değişimi.....	40
Tablo 18. Solunumun zamana göre değişimi.....	46
Tablo 19. Nemin zamana göre değişimi	47
Tablo 20. Sıcaklığın zamana göre değişimi	47
Tablo 21. Solunumun yangın şiddetine göre değişimi.....	48
Tablo 22. Yangın şiddetine göre nem değişimleri	49
Tablo 23. Yangın şiddetine göre sıcaklığın değişimi	49
Tablo 24. Solunumun zamana ve yangın şiddetine göre değişimi	50
Tablo 25. Zamana ve yangın şiddetine göre nem değişimleri	51
Tablo 26. Zamana ve yangın şiddetine göre sıcaklığın değişimi	52
Tablo 27. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta NH ₄ mineralleşmesinin zamana göre değişimi.....	53

Tablo 28. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta NO_3 mineralleşmesinin zamana göre değişimi.....	53
Tablo 29. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta toplam mineralleşmenin zamana göre değişimi.....	54
Tablo 30. NH_4 mineralleşmesinin yangın sahalarında yangın şiddetine göre değişimi.....	57
Tablo 31. NO_3 mineralleşmesinin yangın sahalarında yangın şiddetine göre değişimi	58
Tablo 32. Toplam mineralleşmenin yangın sahalarında yangın şiddetine göre değişimi	59

ÖZET

Bu çalışmada, orman yangınlarının azot mineralizasyonu, mikrobiyal biyokütle, toprak solunumu, bazı toprak özellikleri, yüzeysel akış, taşınan sediment miktarı ve erodibilite üzerine etkileri zamana bağlı olarak ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Çorum Orman İşletme Müdürlüğü, Osmancık Orman İşletme Şefliği sınırlarındaki yaşlı karaçam meşcerelerinde, düz ve eğimli alanlarda, düşük ve orta şiddetli kontrollü deneme yangınları yapılmıştır. Deneme yangınları yapılan sahalardan 12 adet (2 eğim düzeyi x 2 yangın şiddeti x 3 tekrar=12) ve bitişindeki kontrol alanlarından 12 adet olmak üzere toplam 24 adet deneme alanı alınmış ve çalışma için gerekli ölçüm ve örneklemeler bu alanlarda yapılmıştır.

Toprak özelliklerini belirlemek için her bir deneme alanından iki farklı noktadan 3 aylık dönemlerle 0-5 cm ve 5-15 cm derinliklerden örnekler alınmıştır. Alınan örnekler üzerinde organik madde, tekstür, su tutma, pH, N, Ca, Mg, K ve P analizleri yapılmıştır. Ayrıca, aynı örnekler üzerinde fumigasyon tekniği kullanılarak mikrobiyal biyokütle, mikrodestilasyon tekniği ile de azot mineralizasyonu tespitleri yapılmıştır. Toprak solunumu mevsimsel olarak 3 yıllık periyotlarda soda kireç yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Yüzeysel akış ölçümleri her bir deneme alanına kurulan 5x2 m ebatlarındaki 24 adet erozyon parselinde yürütülmüştür.

Çalışma neticesinde elde edilen bulgular incelendiğinde yangının toprak organik maddesinde anlamlı düzeyde bir azalmaya neden olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde yakmanın toprağın kil içeriğine ve faydalanılabilir su kapasitesine anlamlı etkisi görülmemiştir. Çalışma alanı topraklarının pH değerleri yangın sahalarında kontrol sahalarından daha fazla bulunmuştur. Yanan alan topraklarında mineral elementlerin konsantrasyonunda anlamlı değişim görülmemiştir. Toprak solunumu kontrol sahalarında yangın sahaları ile hemen hemen aynı bulunmuştur. Mikrobiyal biyokütle karbon (MBC) ve mikrobiyal biyokütle azot (MBN) değerleri yangın sahalarında daha düşük bulunmuştur. Yakmanın MBC ve MBN üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur. Azot mineralleşmesi üst toprakta yangın sahalarında kontrol sahalarından daha fazla bulunmuştur. Ancak bu değişimde yakmanın etkisi toplam amonyum mineralleşmesinde istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Nitrat mineralleşmesi ve toplam mineralleşme anlamlı şekilde artmış ve bu değişimde düşük şiddetli yangının etkisi olmuştur. Yangın parsellerinde meydana gelen erozyon miktarı 72.8 kg/ha/yıl iken bu değer kontrol parsellerinde 29.3 kg/ha/yıl olmuştur. Az eğimli- yangın parsellerinde ortaya çıkan erozyon, yangın şiddetine göre değerlendirildiğinde, düşük ve orta yangın şiddetinin erozyon üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yangın şiddeti, toprak solunumu, mikrobiyal biyokütle, azot mineralizasyonu, toprak erozyonu

ABSTRACT

In this study, the effects of forest fires on nitrogen mineralization, microbial biomass, soil respiration, some soil properties, soil removal via surface runoff and soil erodibility were investigated with the timing of sampling being in major consideration. For this purpose, four different prescribed burning sites with high and low intensities located on high and low slope areas under old *pinus nigra* stands were being selected to conduct the study at, Osmancık Forest District, Corum Province in Amasya Forest Regional Directorate. Within a prescribed burning area total of 12 samples were taken including 2 samples for slope level, 2 for fire intensity, and 3 for replication purpose. Same number of samples were also taken from the adjacent control area.

To determine the characteristics of the soils, 3 soil samples from the depths of 0-5 and 5-15 cm were taken for each treatment type in every tree-month period. These samples were analyzed for their organic matter, texture, water retention, pH, N, Ca, Mg, K and P content. In addition, these samples were used to determine the microbial biomass using the technique of the fumigation, and the mineralization of nitrogen via microdistillation. Soda-lime method was used to determine soil respiration in each season throughout three-year study period.

Total of 24 surface runoff plots by 5x2 m was located on the ground to obtain the water samples, which were measured and picked up after each severe precipitation or every two weeks if there was no severe rainfall.

Our results indicated that fire did not reveal significant decrease in soil organic matter. Similarly, there were no significant change in soil clay content and available water capacity. Soil pH was significantly higher in burned sites than in control. Soil nutrient concentrations did not show any significant increase in burned sites. Soil respiration rate was almost same in burned sites and in controls. Microbial biomass carbon (MBC) and nitrogen (MBN) values were lower in burned sites compared to controls. Fire caused significant decreases in MBC and MBN. N mineralization was higher in surface soil of burned sites compared to controls. But, this effect was not significant in ammonium mineralization. Nitrate mineralization and total N mineralization was significantly increased in low intensity fire sites. Mean total annual surface erosion in burned plots was 72.8 kg/ha while it was 29.3 kg/ha in control sites. There was no significant difference in surface erosion between low and medium fire intensity sites.

Keywords: Fire intensity, soil respiration, microbial biomass, N mineralization, soil erosion

1. GİRİŞ

Orman yangınları Ülkemiz ormancılığının en önemli problemlerinden biridir. Orman yangınları, toprak üstü bitkisel kütleyi yakarak ortadan kaldırırken, oluşturduğu yüksek enerji de toprağın birçok özelliğini (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Bu çalışmanın konusu; iki farklı şiddette kontrollü deneme yangınları yapılan farklı eğimlerdeki yaşlı karaçam meşcerelerinin, toprak solunumu, azot mineralizasyonu, mikrobiyal biyokütle, yüzeysel akış, taşınan sediment miktarı, erodibilite (erozyon eğilimi) pH, Ca, Mg, K ve P gibi bazı bitki besin maddeleri miktarında yangınla meydana gelen değişimlerin zamana bağlı olarak ortaya konulmasıdır.

Çalışma Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Çorum Orman İşletme Müdürlüğü, Osmancık Orman İşletme Şefliği sınırlarındaki yaşlı karacam meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Buna göre, iki farklı eğim düzeyinde (%10 ve % 60), düşük ve orta şiddetli olmak üzere iki farklı şiddet grubunda örtü yangınları yapılmıştır. Deneme alanları sahayı temsil edebilecek bu 4 farklı yangın alanından seçilmiştir. Her bir deneme yangını yaklaşık olarak 600-800 m² lik bir alan içinde yapılmıştır. Aynı zamanda bu deneme alanlarıyla aynı özelliklerdeki yanmamış sahalardan oluşan, bitişik veya komşu alanlardan da kontrol parselleri alınmıştır. Deneme yangınları yapılan sahalardan 12 adet (2 eğim düzeyi x 2 yangın şiddeti x 3 tekrar=12) ve bitişikindeki kontrol alanlarından 12 adet olmak üzere toplam 24 adet deneme alanı alınmış ve çalışma için gerekli ölçüm ve örneklemeler bu alanlarda yapılmıştır.

Bu çalışma sonucunda yangının şiddetine ve arazi eğimine göre alandan yüzeysel akışla meydana gelen toprak kayıpları arasındaki fark ortaya konulmuştur. Bu fark aynı zamanda kontrol alanlarındaki toprak kaybı miktarlarıyla karşılaştırılarak yangının genel olarak toprağın fiziki, kimyasal ve biyolojik yapısına olan etkisi ortaya konulmuş olacaktır. Ayrıca, yüzeysel akış parsellerinden elde edilen toprak kaybı verileri RUSLE denklemine entegre edilerek yangın görmüş karaçam meşcereleri ve kontrol alanları için denklemin doğruluğu test edilecektir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Ülkemiz orman yangınlarının yoğun olarak yaşandığı iklim kuşağında yer almaktadır. Ülkemizin 22.3 milyon ha olan orman varlığının yaklaşık %58'lik kısmı (12.5 ha) yangınlar açısından hassas alanlardan oluşmaktadır. Son on yıllık yangın verileri dikkate alındığında, yılda ortalama 2330 adet orman yangını meydana gelmekte ve yıllık ortalama olarak 8903 ha alan yangınlardan zarar görmektedir. Bu alanların çoğunu kızılçam ve karaçam ormanları oluşturmaktadır.

Orman yangınları toprak üstü bitkisel kütleyi yanma sonucu ortadan kaldırırken, zayıf bir iletken olan toprağında birçok özelliğini doğrudan veya dolaylı yoldan etkilemektedirler. Yangınlar, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde önemli değişiklikler meydana getirmektedirler. Fiziksel özelliklerin başında toprakların erozyon eğilimleri, kırıntı dayanıklılığı (agregat stabilitesi), geçirgenlik hızı (infiltrasyon kapasitesi), kompaktlaşma (sıkışma, sertleşme), strüktür, nemlilik gibi özellikler; kimyasal özelliklerin başında ise, bitki besin maddelerinin miktarları (N, P, K, Ca, Mg), pH, organik madde içeriği, katyon değişim kapasitesi gibi özellikler; biyolojik özelliklerin başında ise toprak solunumu, biyolojik aktivite (mikroorganizma faaliyeti) gibi özellikler gelmektedir. Ancak, uygulayıcılar açısından yangının toprağın biyolojik aktivitesine ve toprak erozyonuna olan etkisi kimyasal özelliklere olan etkisinden daha önemlidir.

Yangınların topraklar üzerinde oluşturduğu olumsuzluklardan kuşkusuz en önemlisi yangın sonrası erozyonun artmasıdır (Eron ve Gürbüz, 1988). Elwell ve Fenton (1941) ABD'nin Oklahoma eyaletinde, ağaçlık alanlarda dokuz yıllık süre içinde yanmış alanlardaki su ve toprak kaybının yanmamış alanlara oranla 12-31 kat daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Eron ve Gürbüz (1988), Kittredge (1938)'ye atfen her yıl yanan alanlarda infiltrasyon hızının yanmamış alanlara göre dört kat daha düşük olduğunu bildirmektedir. Yine Eron ve Gürbüz (1988), Meginnis (1935)'e atfen ABD'nin Mississippi eyaletinde yanmış meşe ormanlarında su absorpsiyonunun düştüğünü belirtmektedir. Ekinci (2006), Gelibolu yarımadasında çıkan büyük yangından sonra yaptığı araştırmada, orman yangınlarının, toprak hacim ağırlığını, toprak pH'sını, alınabilir fosfor ve potasyumu artırırken, topraktaki su tutma kapasitesini, toplam poroziteyi ve hidrolik iletkenliği azalttığını bulmuşlardır. Toplam porozite ve geçirgenlikteki azalma, yanan sahalarda şüphesiz yüzeysel akış ve taşınan sediment miktarını artıracaktır. Bir "cm" kalınlığındaki toprağın 10000 yılda oluştuğu göz önünde tutulursa, yangın sonrası bitki örtüsünün üzerinde tutunacağı toprağın alandan uzaklaşmasının nedeni büyük bir kayıp olduğu daha kolay anlaşılacaktır. Orman yangınları toprağın kimyasal özelliklerini de

etkilemektedir (Kantarıcı vd., 1986; Neyişci, 1989; Cooper, 1971; Stone, 1971; Wells, 1971). Altun vd. (2004), yapmış oldukları çalışmada, yangından sonra pH' nin arttığını, fakat takip eden bir yıl içinde yanma öncesi değerine değiştiğini ifade etmişlerdir. Fakat bu pH artışının istatistik olarak önemli bir anlam taşımadığını belirtmişlerdir. Mitros vd. (2002) yapmış oldukları çalışmada sürekli yangın gören alanlardaki pH değerinin, yanmamış ve bir kez yanmış alanlardan daha fazla olduğunu ve istatistik olarak anlamlı olduğunu ifade etmişlerdir. Ubeda vd. (2005) yapmış oldukları çalışmada yangından sonra toprak pH'sının yükseldiğini ve bir yıl sonra yangından önceki seviyeye geldiğini ifade etmişlerdir.

Araştırmalar, yangından sonra bitkiler tarafından alınabilir besin maddelerinin bazılarının arttığını göstermiştir. Yangın sonrasında toprak üzerindeki organik maddenin azalması, organik maddede bağlı bulunan N'in bu katmanda azalması anlamına gelmektedir. Ancak, yangın sonrası külden kalan Ca, Mg, K, P gibi besin maddeleri, bu besin maddelerinin mineral toprak içerisine taşınmaları ile yararlanılabilir P ve değiştirilebilir K, Ca ve Mg artmaktadır. Toprağın diğer kimyasal özelliklerinde olduğu gibi burada da değişimin miktarı ve süresi toprağın organik madde miktarı, ortaya çıkan kül miktarı ve bunun kimyasal bileşimi ile mevcut alandaki yağış miktarına bağlı olarak değişir (Kantarıcı vd., 1986; Wells, 1971). Kantarıcı vd. (1986) sedir alanlarında, yanan alanlarda topraktaki toplam azot miktarını (0-20 cm derinlik), yanmamış alanlara kıyasla daha az bulmuşlardır. Ancak yanan alanlarda fidan gelişiminin, yanmayan alanlara göre daha iyi olduğunu belirtmektedirler.

Yangın toprağın biyolojik özelliklerinden özellikle toprak solunumu üzerinde genellikle artırıcı yönde etki etmektedir (Tüfekçioğlu vd., 1999, 2001, 2010a, 2010b). Toprak solunumu toprak kalitesinin önemli göstergelerinden bir tanesidir. Yangın sonrası toprak mikro ve makro faunasının ne kadar zamanda kendini yenileyerek yeni şartlara uyum gösterdiği, bazı toprak koşullarında alana getirilecek orman örtüsünün tutma başarısında etkili olabilmektedir. Yangının toprak pH'sını yükseltmesi yangın sonrası toprakta bakteri popülasyonunun artmasına neden olmakta bu da nitrifikasyon sonucu toprakların azot beslenmesini artırmaktadır (Eron ve Gürbüz, 1988). Ülkemizde, farklı şiddetlerde yangın görmüş ormanlık alanlarda toprak solunumuyla ilgili çalışmaların yapılmamış olması, orman yangınlarının toprağın biyolojik aktivitesi üzerine olası etkilerinin anlaşılması noktasında kısıklık ortaya çıkarmaktadır.

Orman yangınları toprak mikrobiyal biyokütlesini etkilemektedir. Yangının toprak mikrobiyal biyokütlesine etkisi mikrobiyal aktiviteyi, C ve besin elementi alımını ve toprak mikrobiotasının kompozisyonunu değiştirmek suretiyle olmaktadır (Hernandez vd., 1997). Yangınla yükselen

sıcaklık mikrobiyal popölasyonda ani azalmalara neden olabilmekte (Ahlgren, 1974) fakat mikrobiyal popölasyondaki değişmelerin derecesi yangının şiddeti ve süresine, toprak nemine, toprağın bünyesine ve organizmanın toprak içerisinde bulunduğu derinliğe bağlı olmaktadır(Günay, 1986). Vazquez vd. (1993) yangının mikrobiyal biyokütle üzerine etkisinin azaltmaktan ortadan kalkmasına kadar değiştiğini veya hiçbir etki yapmadığını belirtmektedirler. Doğal yangın, toprakları, direkt ısıtmak ve mikrobiyal hücreleri parçalamak yoluyla mikrobiyal biyokütleyi azaltmakta (Choromanska ve DeLuca, 2002; Hart vd., 2005) ve bu hücrelerden ve organik maddeden yanma boyunca salınan inorganik N havuzu boyutunu arttırmak suretiyle etkilemektedir (Prieto-Fernandez vd., 1998; DeLuca vd., 2002). Genel itibariyle yangın, toprak mikrobiyal biyokütle karbonunu % 40.5 kadar azaltmakta iken, toprak mikrobiyal biyokütle azotunu % 15,5 kadar arttırmaktadır.

Orman ekosistemlerinde yangının tipine göre mikrobiyal biyokütle içeriğinde değişim gözlemlenmektedir. Hem kontrollü hem de doğal yangınların mikrobiyal biyokütle karbonu üzerine olumsuz etkileri olmaktadır. Kontrollü yangın ve açma yangını toprak mikrobiyal biyokütle azotu üzerinde olumsuz etki yaparken doğal kontrolsüz yangın olumlu etki yapmaktadır (Wang vd., 2012). Yangın sonrası (negatif) etki bakımından yangının toprak mikrobiyal C ve N üzerine en fazla etkisi 3-12 ay sonrası görölmektedir. 3 yıldan daha fazla süre sonrası ise en az etki yaptığı görölmektedir (Wang vd., 2012).

Toprak derinliği açısından toprak mikrobiyal biyokütle C üzerine yangının etkisi 0-5 ve 0-10 cm derinliğe kadar azaltıcı yönde ve 0-15 cm derinlikte ise arttırıcı yönde olmaktadır. Toprak mikrobiyal biyokütle N ise 0-5 cm derinlikte azalmakta ve 0-10 cm derinlikte artış göstermektedir (Wang vd., 2012).

Normal ve iki kat fazla yakıt kullanılarak yapılan deneme yangını sonrası, yanan alanlarda 20 saat sonrası mikrobiyal biyokütlerde kısmi artış olmuş, 10 gün sonrasında(mart sonu) kontrol alanı ve diğer iki yanan alanlarda düşüş görölmüştür (Wütrich vd., 2002). Bunun akabinde, kontrol alanında belirgin bir artış görölürken diğer iki alanda hızlı bir düşüş görölmüştür. Bu durum ise mevsimsel etkilere dayanmaktadır. Çünkü, ilkbaharda mikrobiyal biyokütle en fazla miktarda meydana gelmektedir. Kara ve Bolat (2009) yangın sonrası mikrobiyal biyokütlerde anlamlı bir değişim olmadığını ortaya koymuşlardır. Bunun nedeni olarak da yanan alanda

yeniden kolonileşmeye yardım eden; organik madde ilavesi, düşük yangın yoğunluğu ve nemli iklim koşullarını (düşük sıcaklık ve yüksek yağış) göstermektedirler.

Yapılan çalışmalar toprak mikrobiyal biyokütle karbonunun yangın sonrası düştüğünü göstermektedir, ancak artışın olduğunu gösteren bazı çalışmalar da mevcuttur (Wang vd., 2012). Peitikainen ve Fritze (1995) düşüşün nedeni olarak yaprak dökümü ile organik madde desteğinin kesilmesi ve yangın sonrası köklerin ölümü ile mikorizanın kaybolmasını göstermektedirler. Toprak mikrobiyal biyokütle karbonundaki azalışa karşın yangın sonrası mikrobiyal azotta bir artış görülmektedir (Wang vd., 2012). Wan vd.(2001) ve Ilsted vd. (2003) bu artışı, hayatta kalan yetişkin mikroorganizmaların, kül kalıntısı gibi mikroorganizmalar için alınabilir besin elementi girdisinin artması neticesinde çoğalmalarına bağlamaktadırlar.

Yangın orman topraklarındaki azot mineralizasyonunu genellikle olumlu yönde etkilemektedir. Grogan vd.(2000) Kaliforniya'nın çam ormanlarında (*P. muricata*) yangından sonra toplam azot miktarında meydana gelen artışı, kütle birlikte toprağa ilave olunan azota ve azot mineralizasyonundaki artışa bağlamışlardır. Hobbs ve Schimel (1984) Kolorado'nun Rocky Dağlarındaki yanan çalılıklarda azot mineralizasyonunu yanmayanlara oranla yüksek bulmuşlardır.

Bütün bu çalışmalar değerlendirildiğinde, Ülkemizde farklı şiddetlerdeki orman yangınlarının toprak özellikleri, yüzeysel akış ve taşınan sediment miktarı üzerine olan etkilerini sayısal olarak ortaya koyan çalışma bulunmamaktadır. Oysaki yanan alanların yeniden ağaçlandırılmasında dikkate alınması gereken en önemli özelliklerden birisi de yangınların orman toprağı üzerinde meydana getirdiğı ekolojik değışiklikler ve bunların düzeylerinin bilinmesidir. Bu itibarla, ülkemizde 4.2 milyon hektarlık bir alanda yayılış gösteren ve yangınlardan etkilenen karaçam ormanları üzerindeki orman yangınlarının etkilerinin eğim ve yangın şiddetine bağılı olarak ortaya konulması önem arz etmektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Deneme parsellerinin belirlenmesi ve hazırlanması

Çalışma, %10 ve %60 eğimlere sahip yaşlı orta yamaçlardaki karaçam meşcerelerinde yapılmıştır. Her bir eğim grubunda düşük ve orta şiddetli örtü yangınları yapılmıştır. Düşük şiddetli örtü yangınları için seçilecek parsellerde ara ve alt tabakada diri örtünün bulunmadığı daha çok ölü örtüden oluşan yanıcı maddenin hâkim olduğu parseller belirlenmiştir. Orta şiddetli örtü yangınları için ise, ara ve alt tabakada diri örtünün bulunduğu yanıcı madde miktarının daha yoğun olduğu parseller belirlenmiştir. Böylece, farklı yangın şiddetlerinin elde

edilmesi sağlanmıştır. Yaşlı karaçam meşcerelerinde doğal dal budanması sebebiyle canlı dalların yerden yüksekliği 7-8 m civarında olduğundan yakma esnasında örtü yangınının tepe yangınına dönüşmemiştir. Deneme yangınları 12 adet parselde (2 eğim sınıfı X 2 yangın şiddeti X 3 tekrar = 12 adet) uygulanmış, bitişiğindeki yangın görmemiş parsellerde kontrol parselleri olarak alınmıştır.

Deneme parsellerinde yangın şiddeti hesaplamalarında kullanılmak üzere yanıcı madde miktarlarının belirlenmesi için örnek alanlar alınmıştır. Buna göre yangın öncesinde, orta şiddetli örtü yangını yapılan her bir parselde 3x3 m boyutlarında 3 adet örnek alan alınarak alandaki yanıcı maddelerin tümü ölü (kuru) ve canlı olmak üzere ayrı ayrı, dal çapları itibariyle 0-0.5, 0.6-1, 1.1-2.5, 2.6-7.5 ve 7.5 cm den büyük olmak üzere beş gruba ayrılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Benzer şekilde, düşük şiddetli örtü yangını olarak planlanan parseller için ise (bu parsellerde sadece ölü örtü bulunmaktadır) 50x50 cm boyutlarında 5'er tane örnek alan alınarak yukarıdaki gibi çap kademelerine göre ayrı ayrı yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Yaş ağırlıkların belirlenmesinde 0.01 gr hassasiyetinde elektronik terazi kullanılmıştır.

Arazide yaş ağırlıkları belirlenen yanıcı maddelerin her birinden, laboratuvarında kurutma fırınlarında 105°C'de 24 saat ya da ağırlıklarında bir değişme olmayıncaya kadar kurutulduktan sonra tartılarak fırın kurusu ağırlıklarını belirlemek üzere örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin nem içerikleri, alanda ölçülen yaş ağırlıkları ve fırın kurusu ağırlıkları dikkate alınarak kuru madde üzerinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Nem İçeriği (\%)} = \left(\frac{\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}}{\text{Kuru ağırlık}} \right) \times 100$$

Böylece, her parsel için yanıcı madde miktarları belirlenmiştir. Elde edilen değerler yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketimi hesaplamalarında kullanılmıştır.

Deneme yangınları sırasında, yangının diğer alanlara sıçramasını önlemek ve gerektiğinde sıçrama olması durumunda söndürmek için alanda iki adet arazöz ve yangın ekibi hazır bulundurulmuştur. Bu konuda, bu güne kadar yaptığımız bütün çalışmalara destek olan ve bu projeyi de destekleyen Orman Genel Müdürlüğü gerekli katkıyı sağlamıştır.

Deneme yangınları, yangın esnasındaki mevcut hava hallerine ve özellikle rüzgâr hızı ve yönüne göre ya şeritler halinde veya kademeli karşı ateş uygulaması şeklinde yapılmıştır. Yangın öncesinde alana kurulacak meteoroloji istasyonu ile yangın esnasındaki hava halleri verileri ölçülmüştür. Yangın şiddeti Byram'ın (1959) aşağıdaki yangın hattı şiddeti formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

$$I = H \times w \times r$$

Burada;

I = Yangın şiddeti (kW/m)

H = Yanma ısı (kJ/kg) (~18.000 kJ/kg)

w = Yangın sonucu tüketilen yanıcı madde miktarı (kg/m²)

r = Yangın yayılma oranını (m/sn) göstermektedir.

3.2 Yanıcı madde nem içeriğinin belirlenmesi ile ilgili ölçümler

Yangın öncesinde ölü ve diri örtüden örnekler alınarak, yukarıda açıklandığı gibi yanıcı madde nem içerikleri belirlenmiştir. Ölü örtü için her deneme alanında belirlenen 3'er adet 30x30 cm'lik alanlardan örnekler alınmıştır. Diri örtüde ise ince dal ve yapraklardan fırın kurusu yapılacak kadar örnekler alınarak nem içerikleri belirlenmiştir.

3.3 Meteorolojik ölçümler

En uygun yakma zamanının belirlenmesi için bölgenin geçmiş meteorolojik verileri incelenmiştir. Alanların belirlenmesinden sonra sürekli meteorolojik verilerin alınması için, alana meteoroloji istasyonu kurulmuştur. Bu istasyon ile günlük verilerden sıcaklık, nispi nem, yağış miktarı, rüzgâr hızı ölçülüp kaydedilmiştir. Deneme yangınları sırasında meteorolojik ölçümler kaydedilerek yangın esnasında 15 sn aralıklarla rüzgâr okumaları yapılmıştır.

3.4 Yangın anında yapılan ölçümler

Deneme yangınları en az bir adet video kamera ile baştan sona kaydedilmiş ve belirli aralıklarla fotoğrafları çekilmiştir. Kayıtlar daha sonra büroda izlenerek yangınların detaylı analizleri yapılmıştır. Yangının seyri anında ortalama alev yükseklikleri ve yangın sıcaklıkları kaydedilmiştir. Bunun için yangın sıcaklıklarını ölçebilen 4 probu K tipi termometreler kullanılmıştır. Her bir termometre, toprak altı (2-5 cm arası), toprak üstü (ölü örtü altı), zemin yüzeyi (ölü örtü üstü) ve öngörülecek ortalama alev yüksekliklerinde olmak üzere 4 farklı ölçüm yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu veriler daha sonra yangın şiddetiyle ilişkilendirilmiş ve yangının ekolojik etkilerinin irdelenmesinde kullanılmıştır.



Şekil 1. Deneme alanlarında yapılan kontrollü yakma uygulaması

3.5 Yangın sonrası ölçümler

Yangın öncesinde yanıcı madde miktarlarının belirlenmesi için yapılan ölçümlerden sonra, yanıcı madde tüketiminin belirlenmesi için alanda yangından sonra tekrar yanıcı madde ölçümleri yapılmıştır. Her bir parselde yanmayıp alanda kalan yanıcı maddelerden 3'er adet 3x3 m'lik alanlarda ölçümler yapıp yukarıdaki ifade edildiği şekilde her bir çap kademesindeki yanıcı madde miktarları belirlenmiştir. Yine örneklerin fırın kurusu ağırlıkları belirlenerek yangın öncesi ve yangın sonrası yanıcı madde miktarlarının farkları kullanılarak yanıcı madde tüketimi belirlenmiştir. Bu miktarlar yangın şiddeti hesaplamalarında kullanılmıştır.

Yangın şiddeti hesaplamalarında kullanılan yangının yayılma oranını belirlemek amacıyla, yangının ilerlediği hat boyunca parselin her iki tarafında olacak şekilde ikişer metre aralıklarla direkler dikilmiştir. Yangının direklerle ulaşma zamanları kaydedilerek yangın yayılma oranı belirlenmiş ve yangın şiddeti hesaplamalarında kullanılmıştır.

3.6 Yangın görmüş Karaçam meşcerelerinin toprak özelliklerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesinde uygulanan yöntemler

Bu çalışmada, orman yangınlarının azot mineralizasyonu, mikrobiyal biyokütle, toprak solunumu, bazı toprak özellikleri (organik madde, tekstür, nem sabiteleri (tarla kapasitesi,

solma noktası ve faydalanılabilir su kapasitesi), pH, N, Ca, Mg, K ve P), yüzeysel akış, taşınan sediment miktarı ve erodibilite (erozyon eğilimi) üzerine etkileri zamana bağlı olarak ortaya konulmuştur. Bu amaç doğrultusunda Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Çorum Orman İşletme Müdürlüğü, Osmancık Orman İşletme Şefliği sınırlarındaki yaşlı karacam meşcerelerinde, çok eğimli ve az eğimli alanlarda, düşük ve orta şiddetli kontrollü deneme yangınları yapılan sahalardan 12 adet (2 eğim düzeyi X 2 yangın şiddeti X 3 tekrar=12), ve bitişindeki kontrol alanlarından 12 adet olmak üzere toplam 24 adet deneme alanı alınmış ve çalışma için gerekli ölçüm ve örneklemeler bu alanlarda yapılmıştır.

3.6.1 Toprak örneklerinin alınması ve analizi

Toprak örnekleri deneme alanlarında yangınlarından hemen sonra hem yanmış parseller üzerinden hem de yanmamış (kontrol) parseller üzerinden 0-5 cm, 5-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinden alınmıştır. Toprakta olan değişkenliği azaltmak ve deneme alanlarını iyi temsil etmesini sağlamak için, her bir deneme alanının üç farklı noktasından toprak örnekleri alınarak birleştirilmiştir. Alınan topraklar naylon torbalara konularak işaretlenmiş ve analizler için laboratuvara taşınmıştır. Toprak örnekleri 3 ay Aralıklarla 3 yıl boyunca alınmıştır. Kışın kar olduğu durumlarda örnekleme yapılmamıştır.

Araştırma alanlarındaki örnek alanlardan alınan 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 hazır hale getirilmiştir. Alınan toprak örnekleri üzerinde tekstür, nem sabiteleri (tarla kapasitesi, solma noktası ve faydalanılabilir su kapasitesi), organik madde, erodibilite (erozyon eğilimi) (Middleton's dispersion test, (Okatan, 1987)), pH, Ca, Mg, Na, K ve Fe gibi bitki besin elementlerinin tayinleri yapılmıştır.

Tekstür tayini 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örneklerinde Bouyoucos'un hidrometre yöntemi kullanılarak kum, toz ve kil yüzdeleri bulunmuştur (Gülçur, 1974; Çepel, 1988). Toprak türü ise Uluslararası tekstür üçgenine göre belirlenmiştir. Toprakların erozyon eğilimi Okatan (1987)'a göre yapılmıştır. İnorganik karbonun olup olmama durumu göz önünde bulundurulacak ve buna göre organik karbondan gidilerek organik madde miktarı hesaplanmıştır (Gülçur, 1974).

Soil Moisture Equipment co.'nun seramik levhalı basınç cihazı ile tarla kapasitesi ve solma noktası tayinleri yapılmıştır. Bunun için 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örnekleri tarla kapasitesi için 1/3 atm, solma noktası için ise 15 atm basınca dayanıklı seramik levhalar üzerindeki lastik halkalara doldurularak, saf su ile doygun hale getirilmiştir. Seramik levhalar üzerindeki fazla su alınarak levhalar basınç kaplarına konulmuş ve tarla kapasitesi için 1/3

atm, solma noktası için ise 15 atm basınç uygulanmıştır. Basınç uygulamasında süre sınırlaması olmayıp, su çıkışı durduğu anda (büret üzerinde görülebilir) basınç uygulamasına son verilmiştir. Basınç kaplarından çıkarılan toprak örnekleri hızla tartılarak kurutma fırınına alınmış ve 105 °C 'de kurutulmuştur. Kaybolan nem, mutlak kuru toprağın tarla kapasitesi ve solma noktasında tuttuğu nem olarak %'de cinsinden hesaplanmıştır (Özyuvacı, 1978).

Faydalanılabilir su ise, aynı toprak örneklerinin tarla kapasitesi (nem ekivaleni) miktarı, solma noktasındaki miktarından çıkarılarak yüzde (%) cinsinden hesaplanmıştır (Özyuvacı, 1978). Toprakların Kalsiyum, Magnezyum, Potasyum miktarları ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma/Optik Emisyon Spektrometresi) cihazında EPA 3052 yöntemi ile belirlenmiştir.



Şekil 2. Deneme alanlarında yakma sonrası dönemlerde toprak örneği alımı

3.6.2 Toprak solunumunun belirlenmesi

Toprak solunumu soda-kireç karışımı katı granüller kullanılarak belirlenmiştir. Soda-kireç, NaOH+CaOH karışımından oluşup havadaki serbest CO₂'yi absorbe etme özelliğine sahiptir (Tufekçioğlu vd., 2001). Bu amaçla 60 g soda-kireç karışımı küçük kavanozlara konarak 105 °C de 24 saat süre ile kurutma fırınlarında kurutulmuş ve tartılmıştır. Tartılan bu soda-kireç örnekleri, arazide bir gün önceden otlardan ve yeşil kısımlardan arındırılmış alanlara, 28-cm çapında yarım plastik kovaların altına konularak 24 saat süre ile bekletilmiştir. Her bir deneme alanında üç örnekleme yapılmıştır. Kovaların kenarları yukardan bastırılarak 1 cm kadar toprağa sokulacak ve dışarıdan hava girişi engellenmiştir. Güneş tarafından aşırı ısınmanın engellenmesi için plastik kovaların üzerine alüminyum folyolar konmuştur. Onun da üstüne 3-

5 kg ağırlığında taş konarak yere sabitleme yapılmıştır. 24 saat sonra örnekler toplanarak 105 °C de 24 saat süre ile kurutulmuş ve tartılmıştır. Elde edilen ağırlık kazancı su faktörü de göz önünde tutularak araziden absorbe edilen CO₂ miktarı belirlenmiştir (Tüfekçioğlu vd. 2001; Raich ve Tüfekçioğlu, 2000). Toprak solunumu ölçümleri üç ay aralıklarla 3 yıl boyunca yapılmıştır.

3.6.3 Azot mineralleşmesi potansiyelini belirlenmesi

Toprakta mineral azot tayininde Mikrodestilasyon yöntemi (Bremner ve Keeney, 1965; Gerlach, 1973; Güler, 1992; Öztürk vd., 1997) kullanılmıştır. Bu yöntemde, önce 40 gr taze toprak alınarak 500 ml erlen içerisinde konduktan sonra üzerine 100 ml %1'lik KAl(SO₄)₂ çözeltisi ilave edildikten sonra düşey dönerli çalkalama cihazında 7 dakika/devir hızda 30 dakika çalkalanmış daha sonra siyah bantlı Whatman süzme kağıdı ile süzülerek gerekli süzüntü elde edilmiştir. Süzüntünün içerisinde mikrobiyal aktivitenin engellenmesi için bir miktar thymol kristali ilave edilecek ve buzdolabına kaldırılmıştır. Elde edilen toprak süzüntüsünden 20'şer ml alınarak mikro-kjeldahl cihazının iki ağızlı balonuna konmuş ve balonlar destilasyon cihazına yerleştirilmiştir. Çözeltinin bazikleşmesi için içerisinde balonların yan kapakçıkları aracılığı ile 0,2 gr MgO ilave edilecek ve cihazın kapağı kapatılarak çözelti ortamına buhar gönderilecek ve çözeltideki amonyumun amonyağa dönüşmesi, bunda geri soğutucudan geçirilerek 200 mikrolitre karışık indikatör bulunan %2'lik 5 ml borik asit tarafından amonyum borat olarak tutulması sağlanmıştır. Bu damıtma işlemi 100 ml'lik taksimatlı erlen mayerde 50 ml amonyum borat çözeltisi birikinceye kadar devam edilmiştir. Altlıkta biriken amonyum borat çözeltisinden NH₄⁺-N tayin edilmiş ve bundan sonra soğutucu altına ikinci bir altlık yerleştirilerek ve yan kapakçıklardan balondaki aynı çözeltiye 0.2 gr metal tuzu (Devardas Reagenez: %50 Cu, %45 Al, %5 Zn) eklenmiştir. Bazikleşen bu ortamda NO₂⁻ ve NO₃⁻ şeklindeki azotun amonyağa dönüşmesi sağlanmıştır. Metal ilavesinden sonra buhar muslukları kapatılarak NO₂⁻ ve NO₃⁻ tayini için damıtma işlemi yapılmış ve içinde 200 mikrolitre karışık indikatör ile %2'lik 5 ml borik asit bulunan altlıkta amonyum borat şeklinde tutulması sağlanmıştır. Geri soğutucunun altındaki 100 ml'lik altlıkta biriken (50 ml) ve azot miktarına göre menekşeden yeşil renge dönüşen solüsyonlar 0.005 N H₂SO₄ ile geri titre edilmiş ve titrasyon sırasında harcanan miktardan hareketle mineral azot tayini hesaplamaları yapılmıştır (mg N_{min}/100 g kuru toprak).

Mineralleşme ölçümleri üç ay aralıklarla, 0-5 ve 5-10 cm derinliklerden alınan toprak örnekleri üzerinde 3 yıl boyunca yapılmıştır.



Şekil 3. Mikro destilasyon cihazında toprak örneklerinin destilasyonu

3.6.4 Mikrobiyal biyokütlenin belirlenmesi

Toprak mikrobiyal C ve N içerikleri kloroform-fumigasyon-ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir. 2 mm'lik elekten geçmiş (<2 mm) ve % 40–50 su tutma kapasitesine sahip 30 g taze toprak örneği, 25 °C sabit sıcaklıkta 24 saat süre ile kloroform (CHCl_3) ile fumigasyona tabi tutulmuştur. Fumigasyon işleminden sonra hem fumigasyonlu hem de fumigasyonsuz toprak örnekleri 1:4 oranında 0.5 M K_2SO_4 (30 g toprak 120 ml K_2SO_4) ile sulandırılarak ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Topraklar 30 dakika süreyle dairesel çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri bu çözeltiler kullanılarak bulunmuştur. (Fumigasyonlu – Fumigasyonsuz) farkından yararlanarak toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri hesap edilmiştir (Brookes vd., 1985; Vance vd., 1987; Anderson ve Ingram, 1993). Yöntemin detayları şu şekildedir:

3.6.4.1 Fumigasyon ve Ekstraksiyon İşlemleri

1. 2 mm'lik elekten geçmiş (<2 mm) % 40–50 su tutma kapasitesinde 30 g taze toprak örneği 100 ml'lik beherler içersine tartılır.
2. Fumigasyon işlemi yapılmayacak 30 g yaş toprak örnekleri, yine iki tekrarlı olacak şekilde 250 ml'lik erlenlere konur.

3. Alt kısmında bir miktar nemli kağıt bulunan ve içersinde 100 ml'lik beherde en az 50 ml kloroform içeren vakumlu bir desikatörün içersine fumigasyon işlemi yapılacak toprak örneklerinin bulunduğu 100 ml'lik beherler yerleştirilir.
4. Kloroformun hızlı bir şekilde buharlaşabilmesi için bir miktar (10–15 adet) pomze taşı kloroformun içersine atılabilir.
5. Kloroform (CHCl_3) kuvvetli bir şekilde kaynayıncaya kadar vakum pompası kullanarak desikatörün içersindeki hava boşaltılır. En az 2 dakika bu boşaltma işlemine devam edilir.
6. Desikatörün musluğu kapatılır ve pompadan desikatör ayrılır. Desikatörün dışarıdaki hava ile temasını kesmek için desikatörün kapağına vazelin sürülür ve parafilm ile desikatörün kapağı sarılır.
7. Bu işlemden sonra desikatör 25 °C sabit sıcaklıktaki karanlık bir odaya yerleştirilir ve 24 saat beklenir.
8. Fumigasyonun ardından beherler desikatörün içersinden çıkarılır. 250 ml'lik erlenlere boşaltılan toprak örneklerinin üzerine 4:1 (yani 30 g taze toprak 120 ml 0.5 M K_2SO_4 ile ekstrakt edilir) oranında 0.5 M potasyum sülfat (K_2SO_4) ilavesi yapılır ve erlenlerin ağızları sıkı bir şekilde kapatılır.
9. Hazırlanan toprak örnekleri dairesel yönde hareket eden bir çalkalayıcı üzerinde 30 dakika 90 rpm hızında çalkalanır.
10. Sürenin sonunda erlenler çalkalayıcıdan alınır. Erlenlerin içersindeki toprak ve potasyum sülfat (K_2SO_4) çözeltisi 5 dakika santrifüj edilir. Bu şekilde yaklaşık olarak 70–80 ml'lik ekstrakt elde edilir ve bu ekstrakt 250 ml'lik koyu renkli saklama kaplarına toplanır.
11. Fumigasyon yapılmayan örneklere doğrudan 0.5 M potasyum sülfat (K_2SO_4) ilavesi yapılır. Dairesel yönde hareket eden bir çalkalayıcı üzerinde 30 dakika 90 rpm hızında çalkalanır.
12. Erlenler içersindeki çözelti 5 dakika santrifüj edilir. Santrifüjün ardından Whatman filtre kağıdından 250 ml'lik koyu renkli (kahve) saklama kaplarına süzülür. Bu şekilde yaklaşık olarak 70–80 ml'lik ekstrakt elde edilir.
13. Ekstraktlar analizler yapıncaya kadar buzdolabında saklanır. Bu işlemlerden sonra analize geçilebilir.



Şekil 4. Mikrobiyal biyokütle tayinin için ekstraktların hazırlanması

3.6.4.2 Mikrobiyal Biyokütle C (MBC) Tayini ve Hesabı

1. Elde edilen ekstraktan 8 ml bir pipet vasıtasıyla yakma tüpünün içersine boşaltılır.
2. Tüpe 2 ml 0.4 N potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ve 70 mg (0.07 g) civa oksit (HgO) ve 2:1 oranında 15 ml sülfürik asit-ortofosforik asit karışımı ilave edilir.
3. Elde edilen bu karışım 30 dakika 150 °C'de UDK 6 yakma ünitesinde yakılır.
4. Yakma işlemin sonunda tüplerin oda sıcaklığında soğumaları için beklenir. Soğuyan tüplerin içersine 20–25 ml saf su ilave edildikten sonra örnekler titrasyon için 250 ml'lik erlenlere boşaltılır.
5. Erlenlerdeki örneklerin üzerine 1.10 phenanthroline indikatöründen 10 damla kadar ilave edilir ve renk mavimsi yeşile döner.
6. 0.4 N demir amonyum sülfat çözeltisi ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) ile titre edilerek arta kalan dikromat bulunur. Örneklerin rengi kırmızımsı kahverengine dönünce titrasyona son verilir ve harcanan demir amonyum sülfat miktarı (ml) kaydedilir.
7. Aşağıdaki formüller kullanılarak mikrobiyal biyokütle C μg olarak hesaplanır.

$$\text{Biyokütle } C (\mu\text{g g}^{-1}) = (B - V) \times N \times 0.003 \times \frac{120 + \theta}{W_t} \times \frac{1000}{V_1} \times 1000$$

$$Ec = (\text{biyokütle } C_{\text{fumigasyonlu}} - \text{biyokütle } C_{\text{fumigasyonsuz}})$$

$$\text{Mikrobiyal Biyokütle } C = Ec \times 2.64$$

B=Kör için harcanan demir amonyum sülfatın ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) hacmi (ml)

V=Örnek için harcanan demir amonyum sülfatın ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) hacmi (ml)

N=Harcanan demir amonyum sülfatın ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) normalitesi (0.3950 N)

0.003= 3×10^{-3} , buradaki 3 karbonun (C) ekivalen ağırlığı

θ = Kullanılan 30 g toprağın higroskopik nemi

W_t = Taze toprak ağırlığı (30 g)

V_1 = Yakma için kullanılan ekstrakt (8 ml)

2.64= Karbon (C) için dönüştürme katsayısı

3.6.4.3 Mikrobiyal Biyokütle N (MBN) Tayini ve Hesabı

1. Elde edilen ekstraktan 50 ml bir pipet vasıtasıyla yakma tüpünün içersine boşaltılır.
2. Yakma tüpünün içersine 0.2 M bakır sülfat (CuSO_4) ve dikkatli bir şekilde 10 ml % 96'lık sülfürik asit (H_2SO_4) ilave edilir.
3. Kimyasalların ilavesinden sonra elde edilen bu çözelti yavaş yavaş olacak şekilde yani 100 °C'de 3 dakika, 150 °C'de 4 dakika, 260 °C'de 5 dakika ve 380 °C'de 180 dakika yakılır.
4. Yakma işlemin sonunda tüplerin oda sıcaklığında soğumaları için beklenir. Soğuyan tüplerin içersine 40–50 ml saf su ilave edilir. Bu esnada tüpler tekrar ısındığı için tüplerin soğumaları için tekrar beklenir.
5. Tüplerin içersindeki örnekler 250 ml'lik erlenlere boşaltılır ve 250 ml'ye saf su ile tamamlanır. Hazırlanan bu örnekten 50 ml alınarak tekrar tüplere boşaltılır ve destilasyon işlemine geçilir.

6. Yukarıdaki işlemler yapılarak hazırlanan tüpler UDK 142 destilasyon ünitesine yerleştirilir. 10 M 15 ml sodyum hidroksit (NaOH) ve % 2 lik 5 ml borik asit (H₃BO₃) kullanarak 2 dakika destilasyon yapılarak amonyum (NH₄) alkali ortamda amonyak (NH₃) halinde uçurulur ve hafif asit ortamda bağlanır.
7. Elde edilen bu distillata 10 damla brome-kroze indikatöründen damlatılır ve distillatın rengi mavimsi yeşil olur.
8. Distillatın son rengi leylak oluncaya kadar 0.00714 N sülfürik asit (H₂SO₄) ile titre edilir. Rengin döndüğü anda harcanan sarfiyat kaydedilir.
9. Aşağıdaki formüller kullanılarak mikrobiyal biyokütle N µg olarak hesaplanır.

$$\text{Biyokütle } N (\mu\text{g g}^{-1}) = (V - B) \times N \times 14.01 \times \frac{120 + \theta}{W_t} \times \frac{250}{V_1} \times \frac{1000}{V_2}$$

$$F_N = (\text{biyokütle } N_{\text{fumigasyonlu}} - \text{biyokütle } N_{\text{fumigasyonsuz}})$$

$$\text{Mikrobiyal Biyokütle } N = \frac{F_N}{kN}$$

V= Örnek için titrasyonda harcanan sülfürik asitin (H₂SO₄) hacmi (ml)

B= Kör için titrasyonda harcanan sülfürik asitin (H₂SO₄) hacmi (ml)

N= Harcanan sülfürik asitin (H₂SO₄) normalitesi (0.00714 N)

14.01= Azotun atomik ağırlığı

θ= Kullanılan 30 g toprağın higroskopik nemi

W_t= Taze toprak ağırlığı (30 g)

V₁= Yakma için kullanılan ekstrak (50 ml)

V₂= Destilasyon için kullanılan ekstrak (50 ml)

kN= Mineralize olabilen mikrobiyal biyokütle azotunun katsayısı'dır (0.54).

3.6.5 Yüzeysel akışla oluşacak toprak kaybı miktarının belirlenmesi

Yangın sonrası yüzeysel akış ve sediment miktarını belirlemek için yüzeysel akış düzenekleri kurulmuştur. Böylece toprağın infiltrasyon kapasitesinde meydana gelecek değişime bağlı

olarak gelişecek yüzeysel toprak kaybı ortaya konulmuştur. Bu kayıp RUSLE toprak kaybı yöntemine entegre edilerek yöntemin ne kadar güvenli sonuç verdiği test edilmiştir.

Yangın sonrası yüzeysel akışta meydana gelen değişimlerin ölçülmesi için her bir deneme alanında Şekil 5'teki düzeneğe kullanılmıştır. Toplam da 12 tanesi kontrol olmak üzere, 24 tane yüzeysel akış düzeneği kurulmuştur. Bu amaçla 2 m x 5 m boyutlarında 20 cm genişliğindeki paslanmaz metal levhalar toprağa çakılarak yaklaşık 10 m² lik bir yüzeyde suyu toplama parseli oluşturulmuştur. Bu büyüklükteki parsellerin seçilmesindeki amaç suyun etkisiyle oluşacak olan yüzey ve oluk (interrill and rill) erozyonunun etkisini ortaya koyarak çalışma sonucu ortaya çıkan verileri daha büyük alanlara enterpole etmektir (Lal, 1993). Suyun toplanması için düzeneğin alt kısmına toplayıcı aparatlar da yerleştirilmiştir. Toplayıcıların uç kısmına yerleştirilen plastik su toplama kovalarındaki (70 lt) sular her şiddetli yağışlardan sonra toplanarak toplam yüzeysel akış miktarı ve buna bağlı olarak sediment miktarı ölçülmüştür. Şiddetli yağışların olmadığı dönemlerde kovalardan su örneği alımı 15 gün ara ile gerçekleştirilmiştir. Kovalardan alınan su örnekleri (her bir kovadan 0.5 lt lik en az üç örnek) süzgeç kağıdından geçirildikten sonra fırında 105 °C de kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiş ve toplam yüzeysel toprak kaybı hesaplanmıştır.



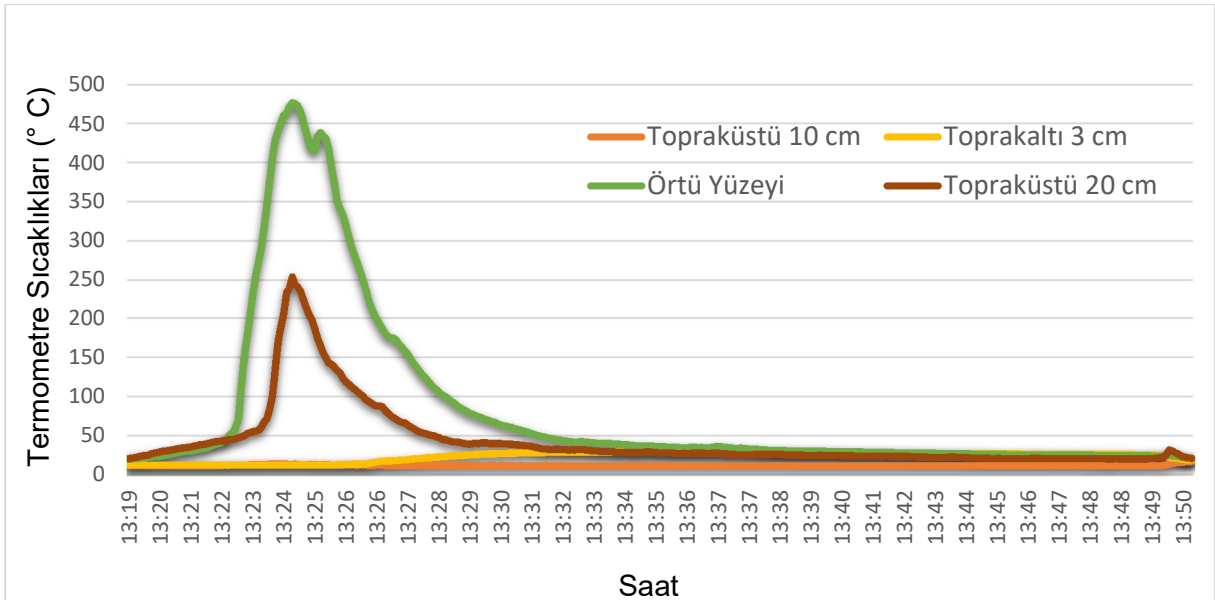
Şekil 5. Erozyon ölçümünde kullanılan 5 x 2 m ebadındaki yüzey akış parseli

4. BULGULAR

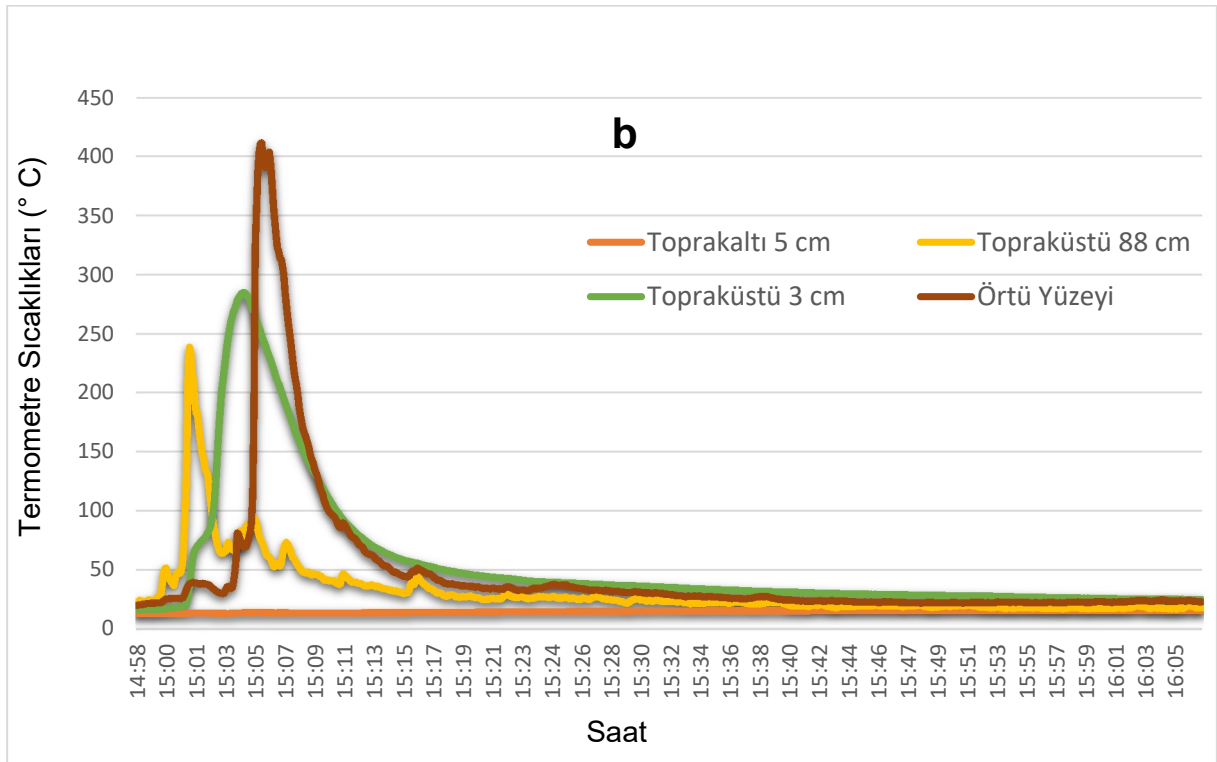
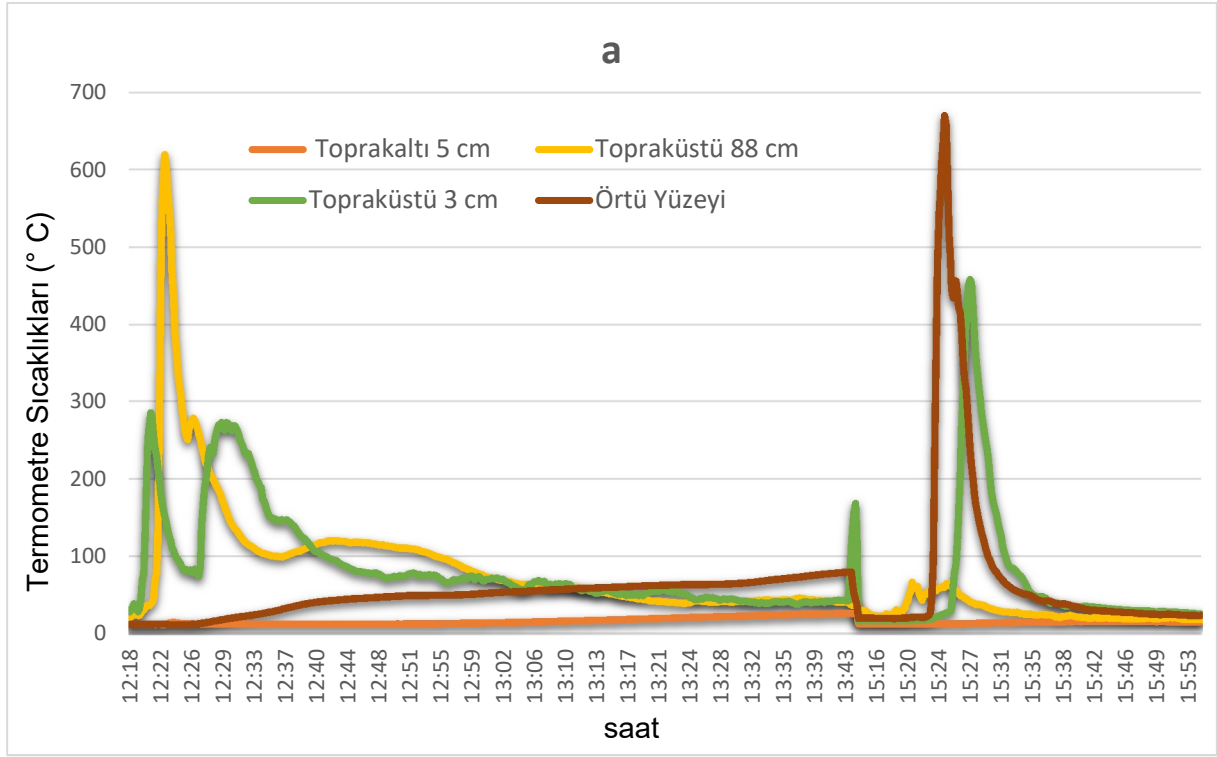
4.1 Deneme Yangınları

Deneme yangınları en az bir adet video kamera ile baştan sona kaydedilmiş ve belirli aralıklarla fotoğrafları çekilmiştir. Yangının seyri anında sıcaklıklarını kaydetmek için yangın sıcaklıklarını ölçebilen 4 probu K tipi termometreler kullanılmıştır. Termometreler her bir yangın alanında toprak altı (2-5 cm arası), toprak üstü (ölü örtü altı), zemin yüzeyi (ölü örtü üstü) ve öngörülen ortalama alev yüksekliklerine göre 4 farklı ölçüm yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Deneme parsellerindeki yanıcı madde yapısına bağlı olarak yangınların problemlerin yerleştirildikleri alanlarda fazlaca devam etmemesi veya kesintiye uğraması nedeniyle ölçümlerde zaman ve sıcaklık farklılıkları meydana gelmiştir. Deneme yangınlarından elde edilen termometre verileri aşağıda verilmiştir (Şekil 6,7,8 ve 9)

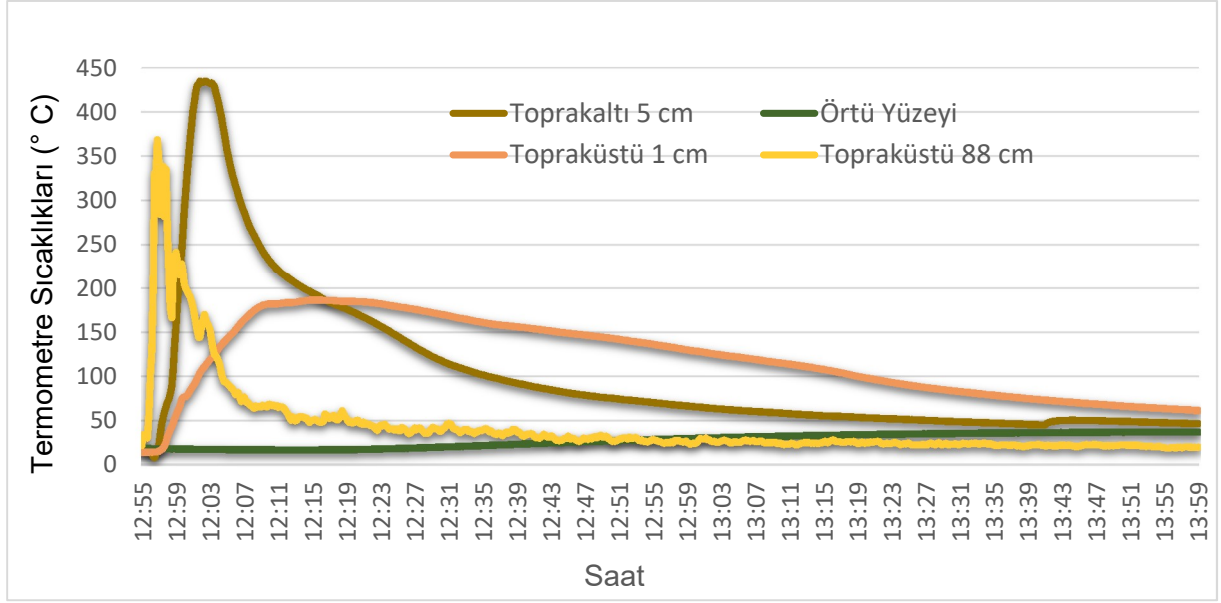
Diğer alanlardan farklı olarak orta şiddetli eğimli deneme parselinde ölü örtü tabakasının yanında kısım kısım çayır otları gibi diri örtü de bulunmaktadır. Buna bağlı olarak da diğer alanlardan farklı olarak humus tabakası birikimi fazla olmuştur. Bu durum üst katmanda yanmanın bitmesine rağmen yangın esnasında kuruyarak nemini iyice kaybeden örtü tabakasında içten içe yanmanın devam etmesini ve dolayısıyla diğer katmanlardan çok daha fazla sıcaklık farklarının oluşmasını netice vermiştir (Şekil 9).



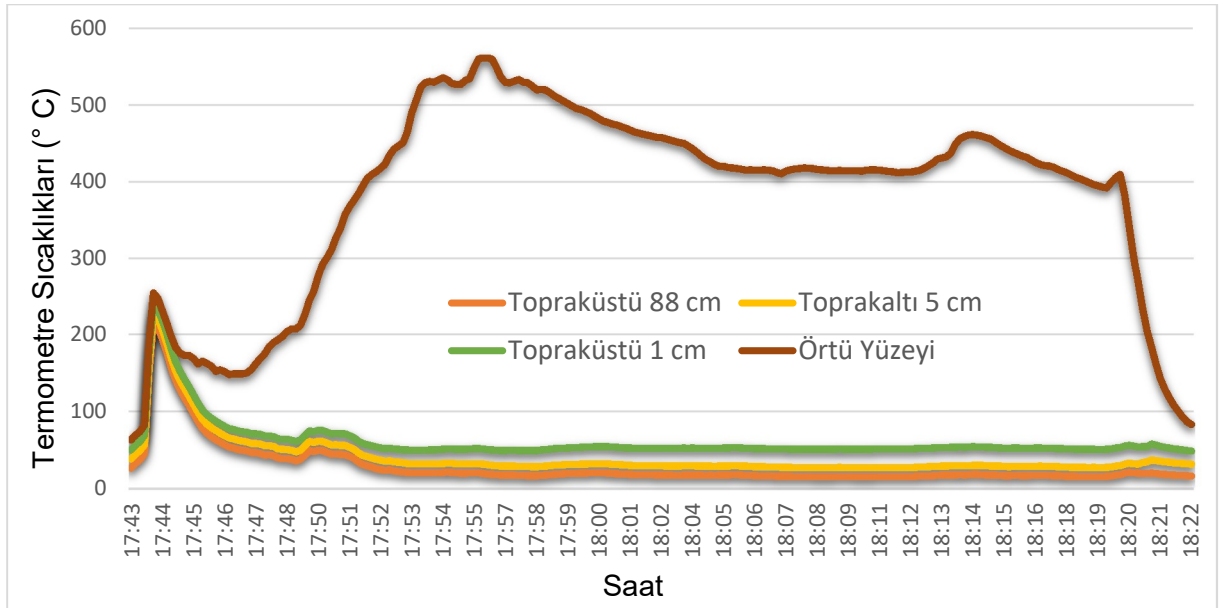
Şekil 6. Düşük şiddetli düz deneme alanı yangın sıcaklıkları değişimi



Şekil 7. Orta şiddetli düz deneme alanı yangın sıcaklıkları değişimi (a ve b)



Şekil 8. Düşük şiddetli eğimli deneme alanı yangın sıcaklıkları değişimi



Şekil 9. Orta şiddetli eğimli deneme alanı yangın sıcaklıkları değişimi

Deneme yangınları, yangın esnasındaki mevcut hava hallerine ve özellikle rüzgar hızı ve yönüne göre şeritler halinde yakma uygulaması şeklinde yapılmıştır. Yangın öncesinde alana kurulan meteoroloji istasyonu ile yangın esnasındaki hava halleri verileri ölçülmüştür. Yangın şiddeti Byram'ın (1959) aşağıdaki yangın hattı şiddeti formülü kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

$$I=H \times w \times r$$

Burada; I=Yangın şiddeti (kW/m)
H =Yanma ısısı (kJ/kg) (~18.000 kJ/kg)
w =Yangın sonucu tüketilen yanıcı madde miktarı (kg/m²)
r = Yangın yayılma oranını (m/sn) göstermektedir.

Tablo 1. Kontrollü yangınlarda elde edilen sonuçlar

Yangın Şiddeti	Eğim Durum	Rüzgar (km/s)	Zaman (d)	Mesafe (m)	YO (m/d)	H (kJ/kg)	W (kg/m ²)	YŞ (kW/m)
Orta	Eğimli	2,2	38	50	1,58	19000	3,09	1223,64
	Düz	4,35	26	30	1,15	19000	4,61	1595,77
Düşük	Eğimli	6,76	39	49	1,88	18000	2,11	797,58
	Düz	4	60	50	0,83	18000	1,97	567,36

Elde edilen yangın şiddetleri orman yangınları uygulamalarında kullanılan beş yangın şiddet sınıfından düşük ve orta yangın şiddeti sınıfına girmektedir (Tablo 2). Dolayısıyla deneme yangınlarının isimlendirmesi bu bakımdan düşük ve orta olarak yapılmaktadır.

Tablo 2. Yangın şiddeti sınıfları ile buna göre belirlenmiş yangın tipi ve yangınlarla mücadele durumu.

Yangın Şiddeti Sınıfı	Baş Yangını Şiddeti (kW/m)	Yangın Tipi ve Mücadele Zorluğu
1	<10	Yangının kendi başına devam etmesi zordur ve ağaçlara etkisi yoktur.
2	10-500	Yavaş ilerleyen düşük şiddetli bir örtü yangınıdır. Baş ve yanlardan yangına doğrudan müdahale edilebilir. Açılan şeritler yangının kontrol altına alınmasında yeterli olabilir. Bazı ağaçlarda ölümler görülebilir.
3	500-2000	Orta ve yüksek şiddetli bir örtü yangını söz konusudur. El aletleriyle yapılmış şeritlerin yangını tutması zor olabilir. Bu gibi yangınlarda dozer gibi ağır makinelerle uçak ve helikopterlerin kullanılması gerekebilir. Ağaç ölümleri görülür.
4	2000-4000	Yüksek şiddetli örtü yangını söz konusudur. Yangının baş kısmında yapılacak müdahaleler başarılı olmayabilir. Ağaçların tamamı genelde ölür.
5	>4000	Orta derecede ve sonrasında aktif tepe yangını söz konusudur. Kontrol altına alınması çok zor olabilir. Çalışmalar yanlara kaydırılmalı ve dolaylı müdahale düşünülmelidir.

4.2 Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri

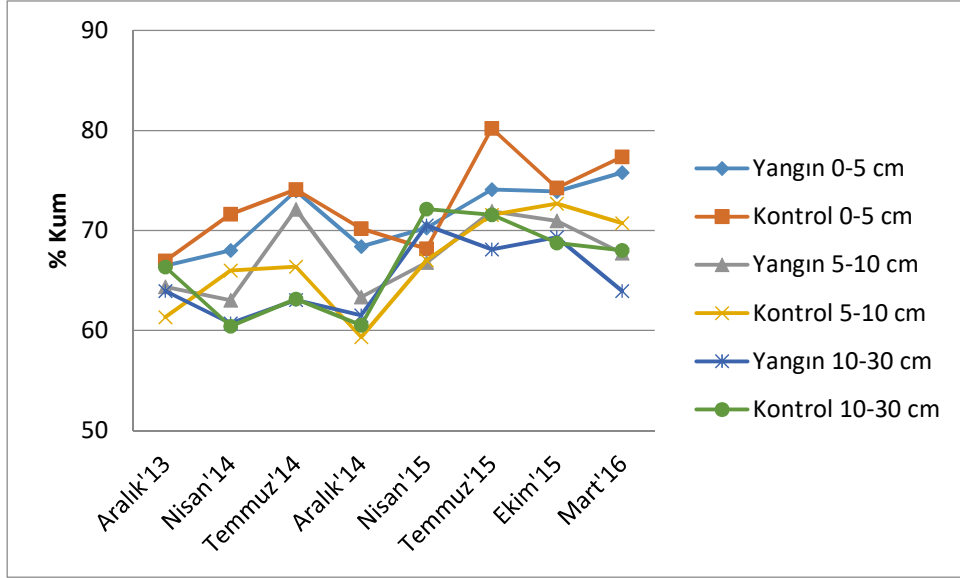
4.2.1 Zamana göre Toprak Özelliklerinin Değişimi

4.2.1.1 Kum miktarının değişimi (%)

Deneme alanlarında, üç derinlik kademesinde Aralık 2013 döneminden, Temmuz 2015 dönemine kadar kum içeriği çok az miktarda artmış, son dönemde ise alt topraklarda azalma göstermiştir. İstatistiki analiz sonucunda yangın sahalarında her üç derinlikteki kum içeriğinin zamansal değişimi anlamlı bulunmuştur, kontrol sahalarında ise sadece üst toprakta anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ortalama değerlere göre derinlik kademesi arttıkça, kum değeri azalmaktadır. Bu durum yağışlarla kilin toprak profilinin alt katmanlarına taşındığını göstermektedir. En düşük ortalama kum içeriği 10-30 cm toprak derinlikte kontrol alanında tespit edilmiştir. Bu dönemler boyunca kum içeriğinin yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Ayrıca çalışmada genel olarak kontrol ve yangın sahaları toprakları kum miktarının farklılığının anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p > 0.05$).

Tablo 3. Zamana göre yangın ve kontrol sahalarında kum miktarlarının değişimi

% Kum										
Yanma Durumu	Derinlik	Aralık'13	Nisan'14	Temmuz'14	Aralık'14	Nisan'15	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Genel Ortalama
Yangın	0-5 cm	66,47	68,01	73,97	68,41	70,25	74,10	73,89	75,80	71,36
Kontrol	0-5 cm	66,95	71,62	74,11	70,2	68,18	80,20	74,25	77,37	72,86
Yangın	5-10 cm	64,35	63,01	72,12	63,33	66,79	71,92	70,95	67,73	67,53
Kontrol	5-10 cm	61,33	66	66,39	59,32	67,02	71,56	72,68	70,74	66,88
Yangın	10-30 cm	63,96	60,7	63,05	61,5	70,52	68,10	69,33	63,95	65,14
Kontrol	10-30 cm	66,35	60,44	63,15	60,52	72,15	71,57	68,76	68,02	66,37



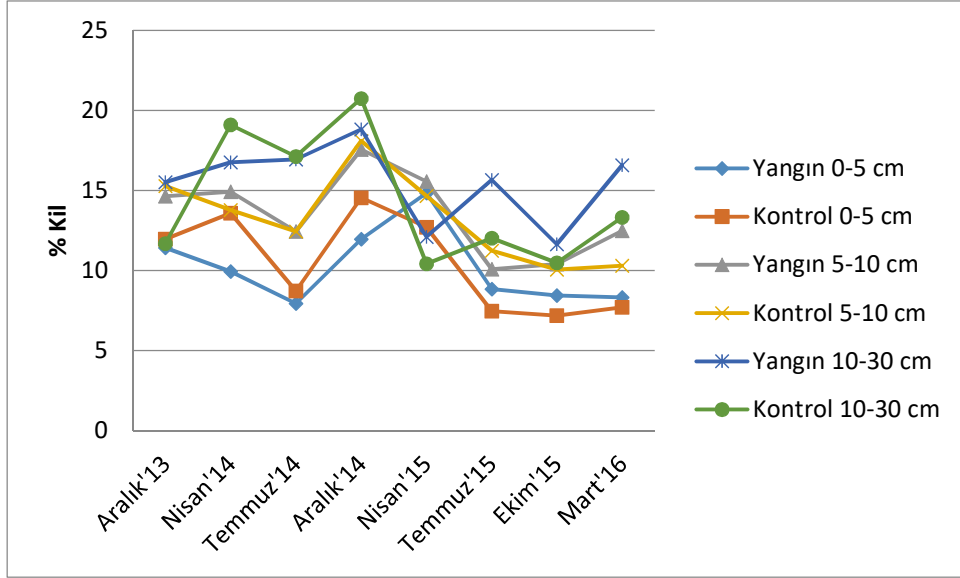
Şekil 10. Zamana göre yangın ve kontrol sahalarındaki kum miktarlarının değişimi

4.2.1.2 Kil miktarının değişimi (%)

Deneme alanlarında, kil içeriğinde Aralık 2013 döneminden sonraki 1 yılda kısmen düşük düzeyde artmış ancak son dönemlerde anlamlı düşüş görülmüş, iki yılın sonunda ilk değerlere göre bir derece azalma olmuş ancak alt topraktaki kil içeriği değerleri tekrar artmıştır. İstatistiki analiz sonucunda yangın sahalarında her üç derinlikteki kil içeriğinin zamansal değişimi anlamlı bulunmuştur, kontrol sahalarında ise sadece üst toprakta anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Genel olarak derinlik kademesi arttıkça kil miktarı artmaktadır. Dönemler boyunca yalnız Nisan 2014 döneminde üst toprakta (0-5 cm) yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuş ve yangın sahasında daha düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Ayrıca çalışmada genel olarak kontrol ve yangın sahaları toprakları kil miktarının farklılığının anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p > 0.05$).

Tablo 4. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında kil miktarının değişimi

% Kil										
Yanma Durumu	Derinlik	Aralık'13	Nisan'14	Temmuz'14	Aralık'14	Nisan'15	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Genel Ortalama
Yangın	0-5 cm	11,42	9,94	7,94	11,95	14,84	8,83	8,44	8,32	10,21
Kontrol	0-5 cm	11,95	13,57	8,72	14,53	12,70	7,46	7,18	7,71	10,48
Yangın	5-10 cm	14,64	14,91	12,44	17,56	15,55	10,08	10,40	12,48	13,51
Kontrol	5-10 cm	15,29	13,77	12,44	18,11	14,65	11,24	10,06	10,30	13,23
Yangın	10-30 cm	15,52	16,77	16,95	18,83	12,09	15,66	11,64	16,58	15,51
Kontrol	10-30 cm	11,67	19,1	17,12	20,75	10,43	12,02	10,48	13,31	14,36



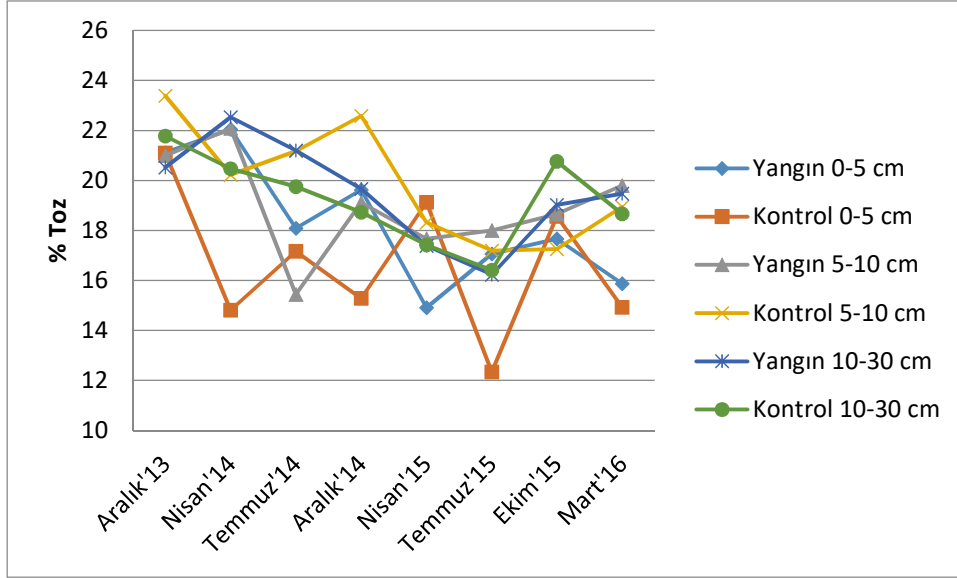
Şekil 11. Zamana göre yangın ve kontrol sahalarındaki kil miktarının değişimi

4.2.1.3 Toz miktarı değişimi (%)

Bu çalışmada zaman faktörüne göre yangın ve kontrol sahalarında toz miktarlarındaki değişim belirgin bir eğilim göstermemekle birlikte son dönemlere doğru bir miktar azalma olmuştur. Bu değişimde yangın sahalarında üst toprakta anlamlı bir farklılık olmuştur ($p < 0.05$). Bu dönemler boyunca toz içeriğinin yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Ayrıca çalışmada genel olarak kontrol ve yangın sahaları toprakları toz miktarının farklılığının anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p > 0.05$).

Tablo 5. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında toz miktarının değişimi

		% Toz								
Yanma Durumu	Derinlik	Aralık'13	Nisan'14	Temmuz'14	Aralık'14	Nisan'15	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Genel Ortalama
Yangın	0-5 cm	21,11	22,05	18,09	19,63	14,91	17,06	17,67	15,88	18,30
Kontrol	0-5 cm	21,1	14,81	17,17	15,28	19,12	12,34	18,57	14,92	16,66
Yangın	5-10 cm	21	22,08	15,44	19,11	17,66	18,00	18,65	19,79	18,97
Kontrol	5-10 cm	23,39	20,23	21,17	22,58	18,33	17,19	17,26	18,95	19,89
Yangın	10-30 cm	20,52	22,53	21,2	19,67	17,39	16,24	19,03	19,47	19,51
Kontrol	10-30 cm	21,78	20,47	19,75	18,73	17,43	16,41	20,76	18,66	19,25



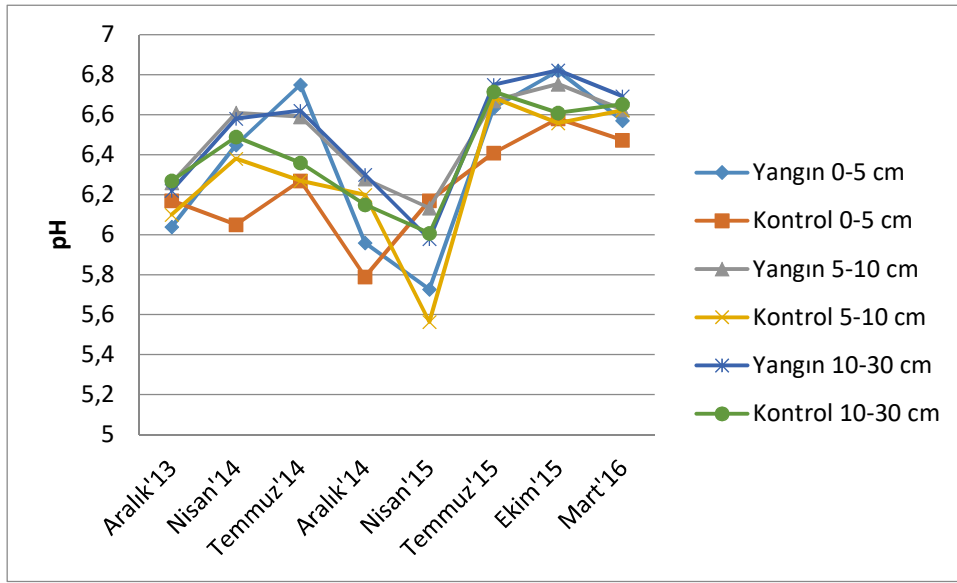
Şekil 12. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında toz miktarının değişimi

4.2.1.4 Toprak reaksiyonunun değişimi

Deneme alanlarında pH değerleri yangından hemen sonraki dönemden yaz dönemine kadarki artıştan sonra Nisan 2015 dönemine kadar düşüş göstermiş ve son iki dönemlerde tekrar artmıştır. İstatistiki analiz sonucunda yangın sahalarında iki derinlikteki (0-5 ve 10-30 cm) pH değerinin zamansal değişimi anlamlı bulunmuştur, kontrol alanındaki değişimler ise anlamlı değildir ($p>0.05$). Derinlik arttıkça pH değerlerinde tedrici bir artış söz konusudur. Ayrıca bütün derinlik kademelerindeki yangın ve kontrol alanlarının pH değerleri, son dönemde çok yakın değerlerde çıkmıştır. Sadece Nisan 2015 döneminde yangın ve kontrol değerleri arasında üst toprakta anlamlı farklılık çıkmış ve yangın sahasında daha düşük bulunmuştur ($p<0.05$). pH değerlerinin kışın ve bahar aylarında yağışların etkisi ile düştüğü, yazın ise topraktan buharlaşmanın etkisi ile kısmen arttığı düşünülmektedir. Çalışmada ayrıca genel olarak kontrol ve yangın sahaları toprakları pH değerlerinin farklılığının anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$).

Tablo 6. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında pH değerlerinin değişimleri

pH										
Yanma Durumu	Derinlik	Aralık'13	Nisan'14	Temmuz'14	Aralık'14	Nisan'15	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Genel Ortalama
Yangın	0-5 cm	6,04	6,45	6,75	5,96	5,73	6,63	6,82	6,57	6,37
Kontrol	0-5 cm	6,17	6,05	6,27	5,79	6,17	6,41	6,58	6,47	6,24
Yangın	5-10 cm	6,26	6,61	6,59	6,28	6,13	6,67	6,75	6,63	6,49
Kontrol	5-10 cm	6,1	6,38	6,27	6,2	5,56	6,69	6,56	6,62	6,30
Yangın	10-30 cm	6,22	6,58	6,62	6,3	5,98	6,75	6,82	6,69	6,50
Kontrol	10-30 cm	6,27	6,49	6,36	6,15	6,01	6,72	6,61	6,65	6,41



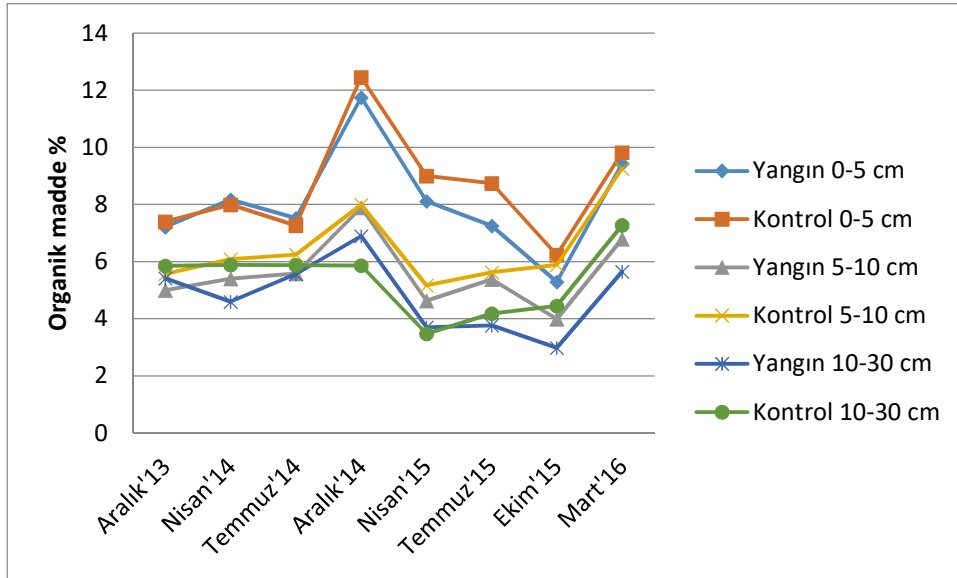
Şekil 13. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında pH değerinin değişimi

4.2.1.5 Organik madde değişimi

Çalışma alanında yangın ve kontrol sahalarında Aralık 2013, Nisan ve Aralık 2014 dönemlerinde yangından sonra tedrici olarak organik madde de artış olmuş ve bu dönemden itibaren ciddi bir azalmadan sonra son dönemde tekrar artış söz konusudur. İstatistiki analiz sonucunda yangın sahalarında her üç derinlikteki organik madde içeriğinin zamansal değişimi anlamlı bulunmuştur, kontrol sahalarında ise sadece üst toprakta anlamlı bulunmuştur. Yangın ve kontrol alanlarında derinlik kademesi arttıkça organik madde miktarı azalma göstermektedir. Ayrıca son dönemde (Mart 2016) 5-10 cm toprak derinliğinde yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuş ve yangın sahasında daha düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Çalışmada ayrıca genel olarak kontrol ve yangın sahaları toprakları organik madde miktarının farklılığının anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p > 0.05$).

Tablo 7. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Organik Madde miktarının değişimi

% Organik Madde										
Yanma Durumu	Derinlik	Aralık'13	Nisan'14	Temmuz'14	Aralık'14	Nisan'15	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Genel Ortalama
Yangın	0-5 cm	7,21	8,17	7,52	11,75	8,11	7,25	5,29	9,43	8,09
Kontrol	0-5 cm	7,4	7,99	7,26	12,45	9,00	8,74	6,23	9,82	8,61
Yangın	5-10 cm	5	5,41	5,58	7,89	4,64	5,38	3,99	6,80	5,59
Kontrol	5-10 cm	5,57	6,09	6,24	7,99	5,17	5,63	5,89	9,26	6,48
Yangın	10-30 cm	5,42	4,6	5,56	6,89	3,70	3,77	2,98	5,66	4,82
Kontrol	10-30 cm	5,85	5,89	5,88	5,86	3,48	4,19	4,45	7,27	5,36



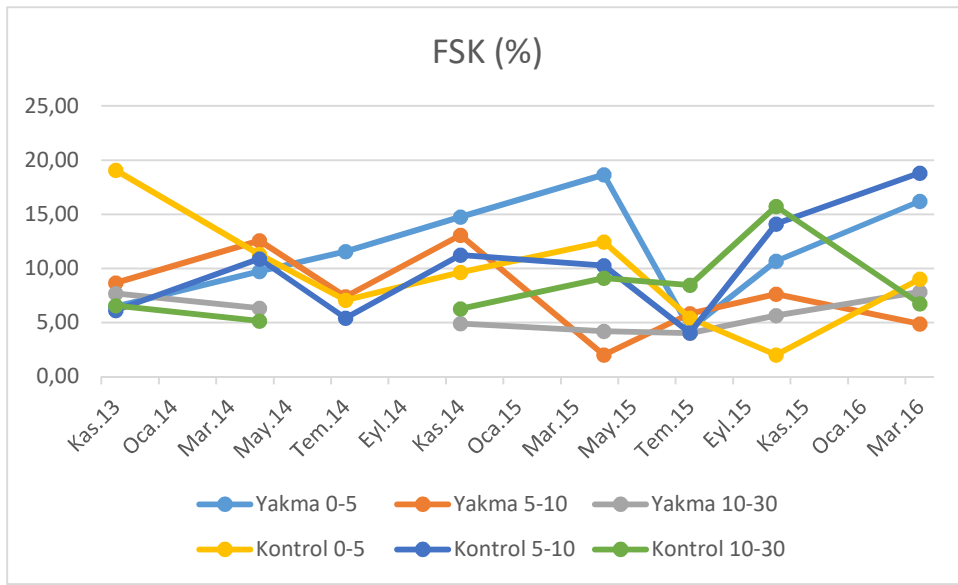
Şekil 14. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında organik madde miktarının değişimi

4.2.1.6 Faydalanabilir su kapasitesinin değişimi

Çalışma alanında faydalanabilir su kapasitesi (FSK) değerlerinde, yangın ve kontrol sahalarında dönemler boyunca önemli bir değişim olmamış ve istatistiki olarak dönemler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak dönemler içerisinde ilk ve son dönemde üst toprakta, Nisan 2014 döneminde 5-10 cm derinlikte, Temmuz 2014 döneminde 10-30 cm derinlikte yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıklarda son dönem hariç yangın sahalarında daha düşük bulunmuştur. Ayrıca çalışmada genel olarak kontrol ve yangın sahaları topraklarındaki faydalanabilir su kapasitesi (FSK) içeriği farklılığının anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$).

Tablo 8. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında faydalanabilir su kapasitesi içeriğinin değişimi

Derinlik	Yanma durumu	Faydalanabilir Su Kapasitesi (%)								
		Kas.13	Nis.14	Tem.14	Kas.14	Nis.15	Tem.15	Eki.15	Mar.16	Ortalama
0-5	Kontrol	19,06	11,30	7,06	9,64	12,44	5,43	2,03	9,01	11,56
	Yakma	6,48	9,74	11,57	14,76	18,65	4,42	10,67	16,20	7,76
5-10 cm	Kontrol	6,14	10,89	5,41	11,24	10,27	4,05	14,11	18,79	5,80
	Yakma	8,66	12,57	7,39	13,06	2,02	5,82	7,63	4,90	9,50
10-30 cm	Kontrol	6,57	5,16		6,27	9,12	8,46	15,73	6,75	10,11
	Yakma	7,70	6,33		4,92	4,20	4,01	5,64	7,83	8,29



Şekil 15. Zamana göre Yangın ve Kontrol sahasında faydalanabilir su kapasitesi içeriğinin değişimi

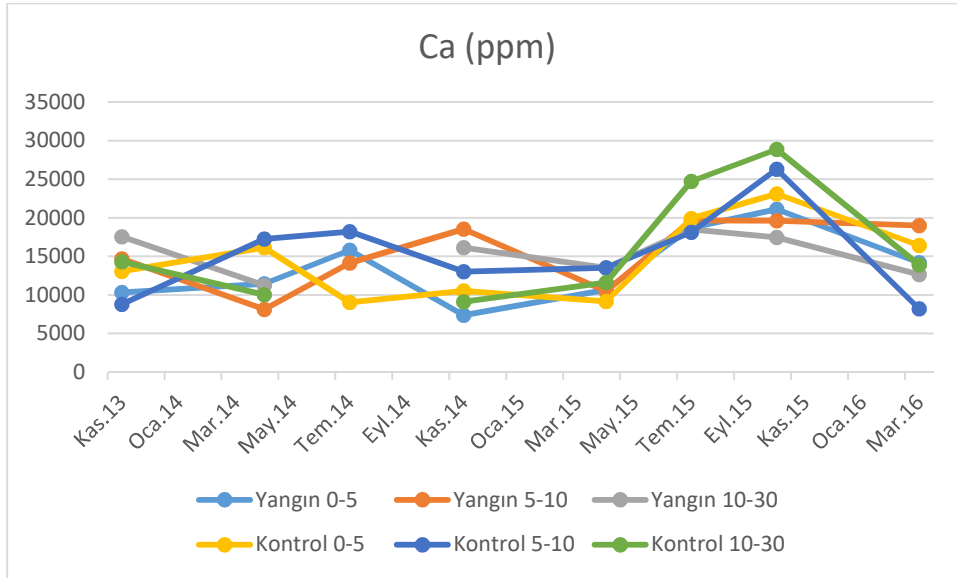
4.2.1.7 Besin maddesi içeriğinin değişimi

Çalışma alanında yangın ve kontrol sahalarında dönemler boyunca Ekim 2015 döneminde besin maddesi miktarlarında özellikle Ca ve Mg içeriğinde belirgin artışlar gözlenmiştir. İstatistiki analiz sonucunda yangın sahalarında iki derinlikteki (0-5 ve 10-30 cm) Na içeriğinin ve üst topraktaki Ca içeriğinin zamansal değişimi anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$), kontrol alanındaki değişimler ise anlamlı değildir. Ayrıca Ekim 2015 döneminde üst toprakta Na içeriğinde, Mart 2016 döneminde 5-10 cm derinlikte Ca içeriğinde; yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Bu farklılıklarda yangın sahasında daha düşük değerler bulunmuştur. Çalışma periyodundaki dönemlerde yangın ve kontrol sahaları topraklarının K, Fe ve Mg içerikleri değerlerinin gerek dönemler arasında gerek yangın ve kontrol sahaları arasında anlamlı farklılıkları bulunmamıştır ($p > 0.05$). Çalışmada ayrıca genel

olarak kontrol ve yangın sahaları toprakları besin maddesi miktarının farklılığının anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$).

Tablo 9. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Kalsiyum (Ca) elementinin içeriğinin değişimi

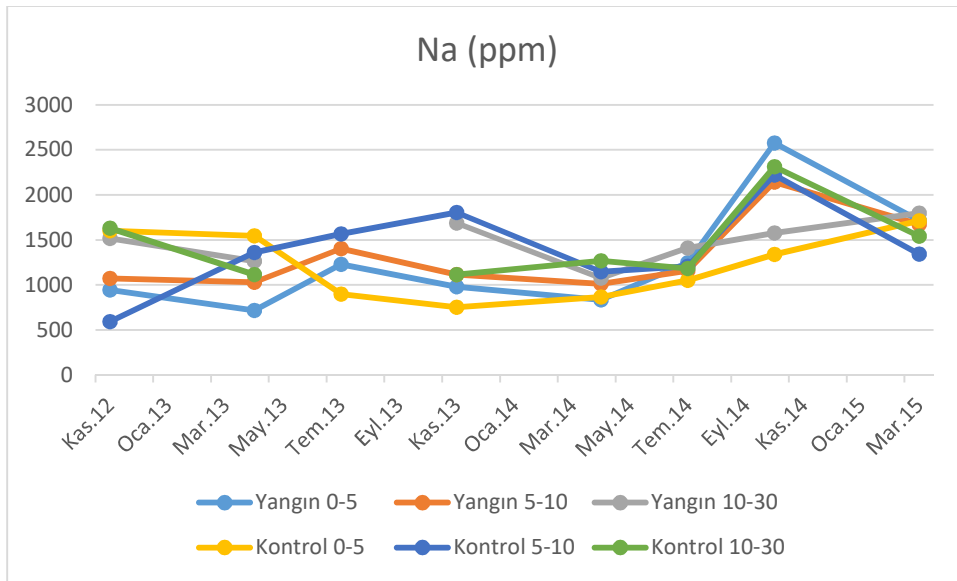
Derinlik	Yanma durumu	Ca (ppm)								
		Kas.13	Nis.14	Tem.14	Kas.14	Nis.15	Tem.15	Eki.15	Mar.16	Ortalama
0-5	Kontrol	13053,00	16135,50	9040,28	10527,50	9161,09	19905,00	23110,00	16425,00	14669,67
	Yangın	10332,94	11434,54	15815,00	7370,00	10656,00	18707,50	21125,00	14197,50	13704,81
5-10 cm	Kontrol	8780,00	17261,75	18217,50	13026,14	13502,50	18107,50	26310,00	8204,25	15426,20
	Yangın	14681,75	8134,75	14122,50	18522,50	10506,13	19657,50	19615,00	18990,00	15528,77
10-30 cm	Kontrol	14300,50	10014,00		9120,00	11617,50	24727,50	28870,00	13875,50	16075,00
	Yangın	17524,75	11230,25		16139,25	13502,50	18480,00	17449,00	12653,25	15282,71



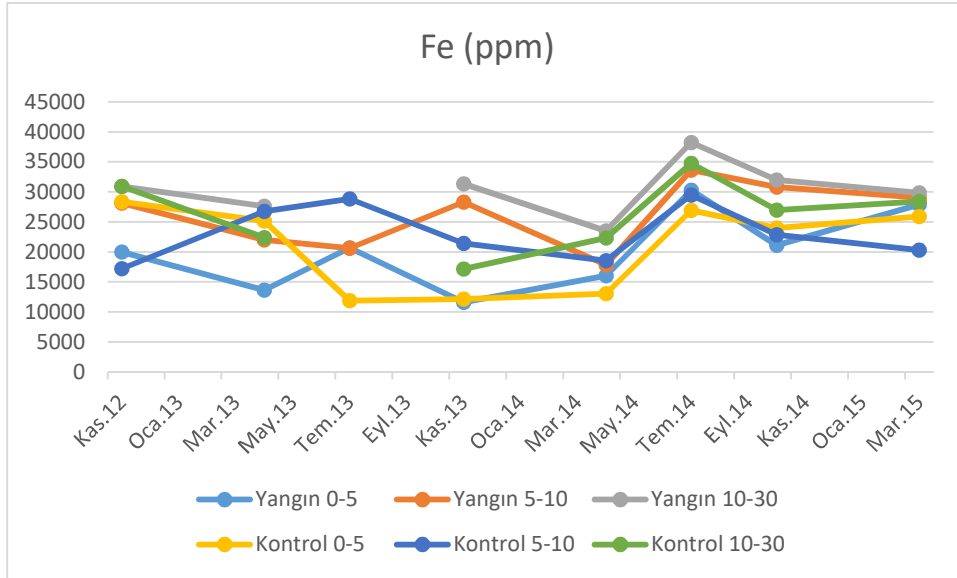
Şekil 16. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Kalsiyum (Ca) elementinin içeriğinin değişimi

Tablo 10. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Sodyum (Na) elementinin içeriğinin değişimi

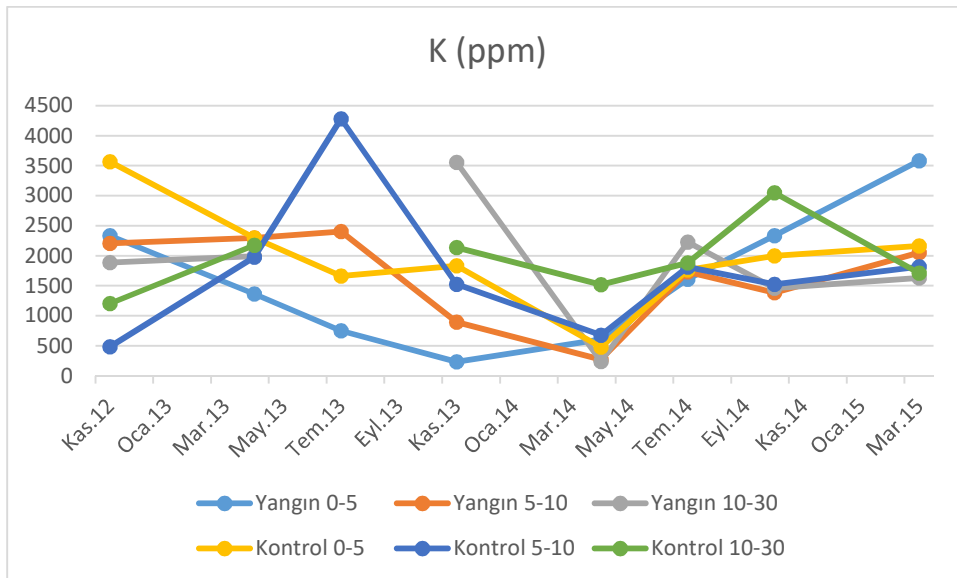
Derinlik	Yanma durumu	Na (ppm)								
		Kas.13	Nis.14	Tem.14	Kas.14	Nis.15	Tem.15	Eki.15	Mar.16	Ortalama
0-5	Kontrol	1601,75	1545,25	897,86	751,50	865,99	1049,53	1339,58	1713,00	1220,56
	Yangın	942,44	714,69	1228,05	978,50	833,33	1247,00	2576,25	1715,50	1279,47
5-10 cm	Kontrol	593,40	1361,08	1567,00	1805,86	1145,53	1206,20	2219,30	1343,50	1405,23
	Yangın	1070,68	1030,25	1401,75	1113,55	1011,23	1155,68	2142,25	1671,50	1324,61
10-30 cm	Kontrol	1631,00	1115,73		1114,25	1266,25	1182,73	2311,50	1540,60	1451,72
	Yangın	1516,53	1262,50		1686,00	1075,58	1408,08	1576,45	1798,30	1474,78



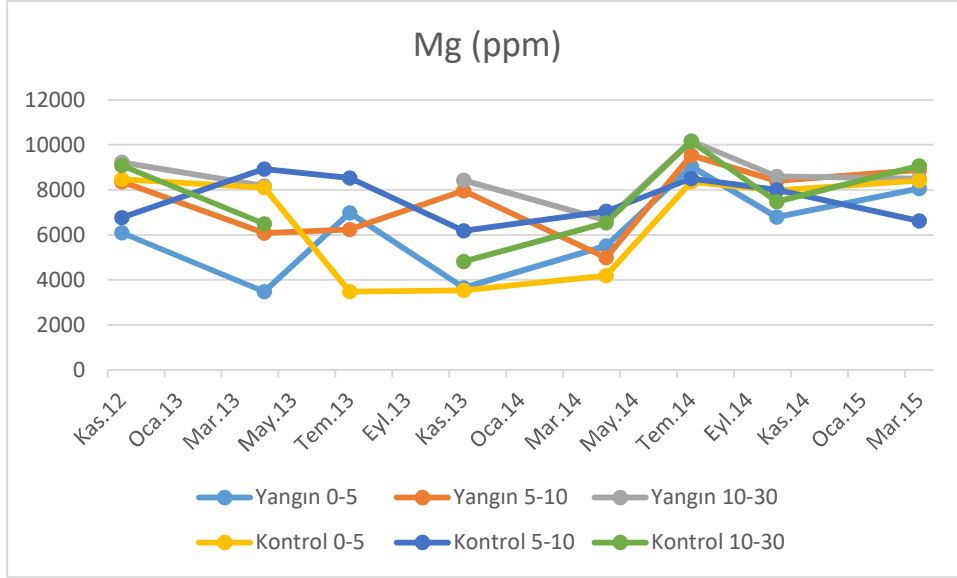
Şekil 17. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Sodyum (Na) elementinin içeriğinin değişimi



Şekil 18. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Demir (Fe) elementinin içeriğinin değişimi



Şekil 19. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Potasyum (K) elementinin içeriğinin değişimi



Şekil 20. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında Magnezyum (Mg) elementinin içeriğinin değişimi

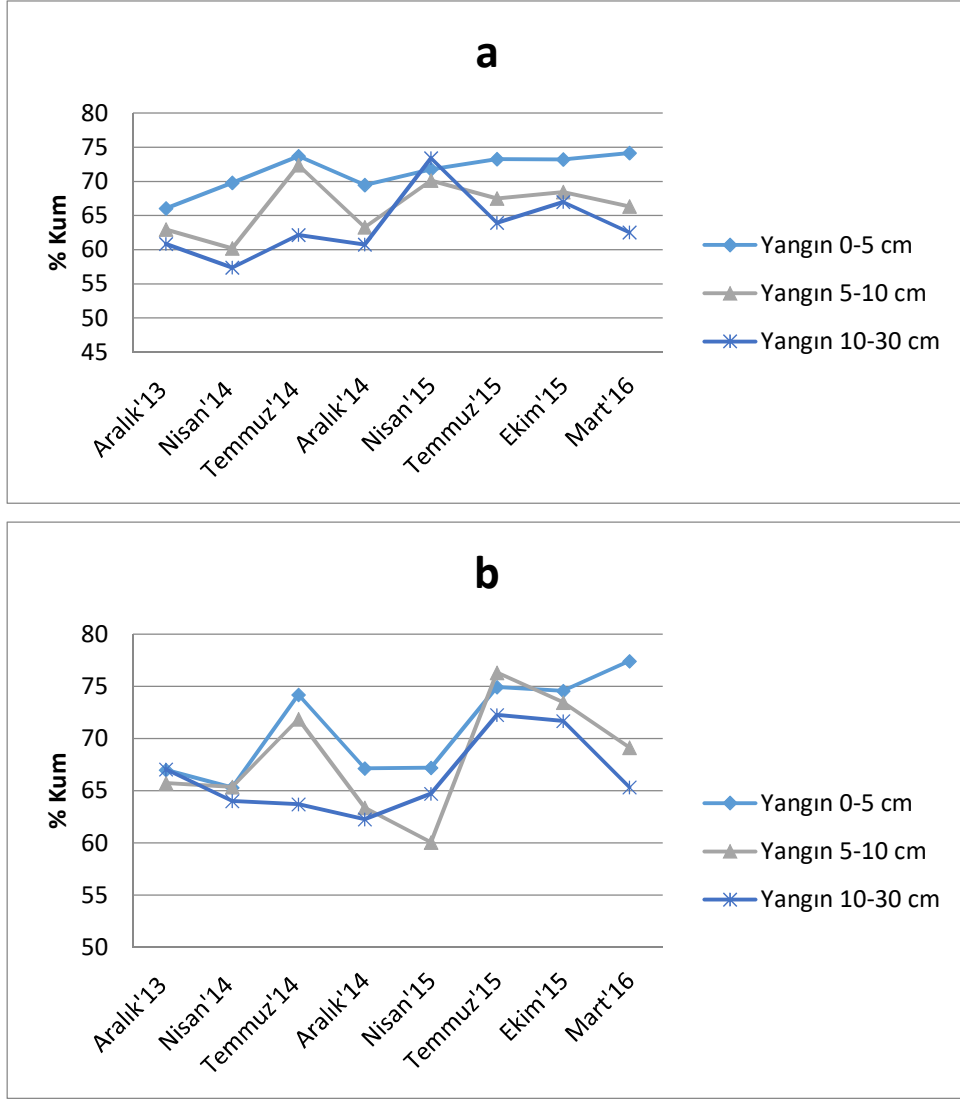
4.2.2 Yangın Şiddetine göre Toprak Özelliklerinin Değişimi

4.2.2.1 Kum miktarının değişimi (%)

Yangın sahalarında 10-30 cm toprak derinliğinde düşük ve orta şiddetli yangın parsellerinin kum içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık çıkmıştır ve orta şiddetlide daha fazladır ($p < 0.05$). Ayrıca Nisan ve Temmuz 2015 dönemlerinde yangın sahalarında düşük ve orta şiddetli parsellerinin 5-10 cm derinlikteki toprakların kum içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu farklılıkta Nisan'da düşük şiddetlide temmuzda orta şiddetlide daha fazladır.

Tablo 11. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında kum miktarının değişimi

% Kum											
Yangın Şiddeti	Yanma durumu	Derinlik	Aralık'13	Nisan'14	Temmuz' 14	Aralık'14	Nisan'15	Temmuz' 15	Ekim'15	Mart'16	Ortalama
Düşük Şiddetli	Yangın	0-5 cm	66,04	69,8	73,67	69,46	71,77	73,25	73,23	74,18	71,43
	Yangın	5-10 cm	62,97	60,18	72,37	63,28	70,15	67,52	68,43	66,31	66,40
	Yangın	10-30 cm	60,85	57,38	62,15	60,74	73,42	63,95	66,98	62,54	63,50
Orta Şiddetli	Yangın	0-5 cm	66,99	65,32	74,22	67,16	67,20	74,96	74,56	77,41	70,98
	Yangın	5-10 cm	65,73	65,37	71,88	63,38	60,06	76,32	73,48	69,15	68,17
	Yangın	10-30 cm	67,07	64,02	63,7	62,26	64,73	72,26	71,68	65,35	66,38



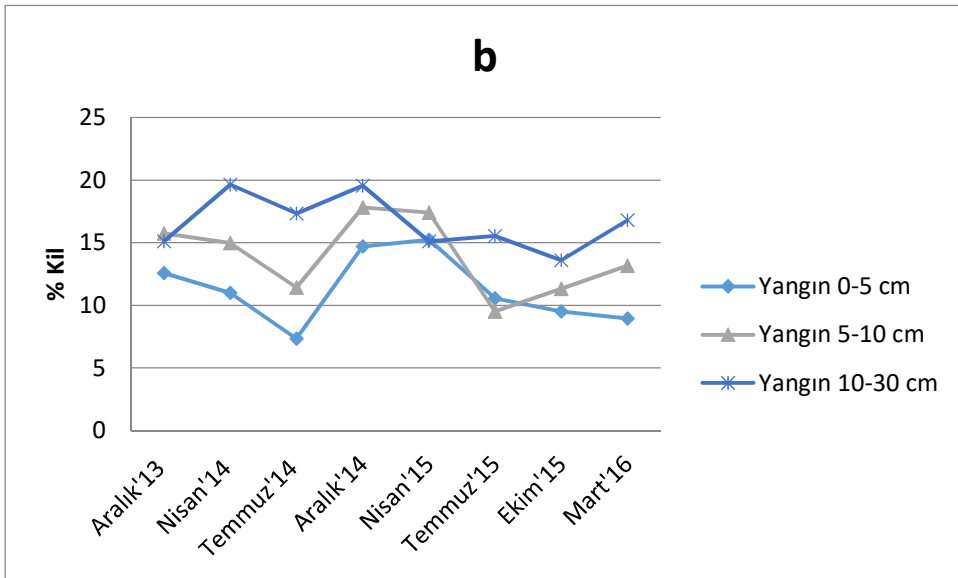
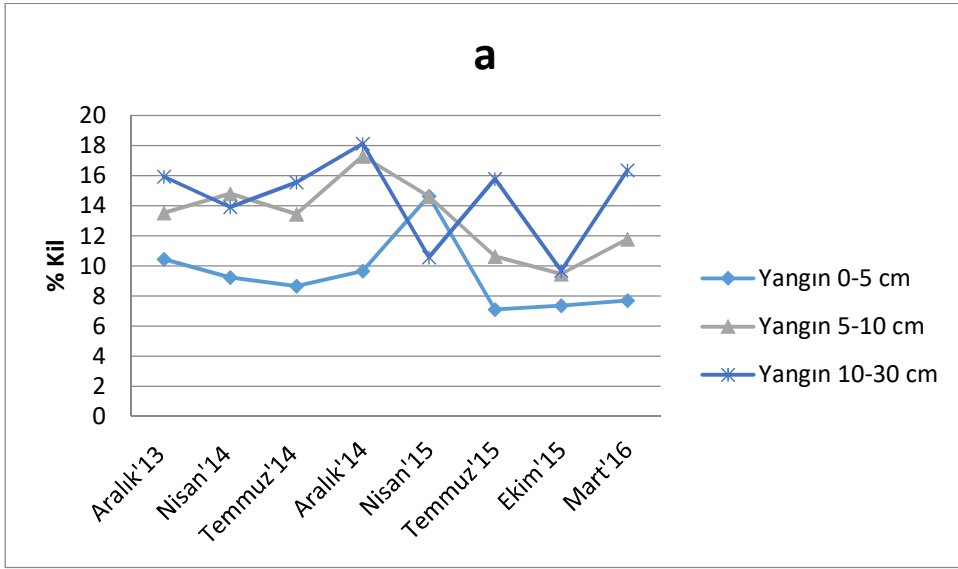
Şekil 21. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında kum miktarının değişimi

4.2.2.2 Kil oranının değişimi (%)

Yangın sahalarında 10-30 cm toprak derinliğinde düşük ve orta şiddetli yangın parsellerinin kil içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık çıkmıştır ve orta şiddetlide daha fazladır ($p<0.05$). Ayrıca Aralık 2014 döneminde yangın sahalarında düşük ve orta şiddetli parsellerinin 0-5 cm derinlikteki toprakların kil içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkta orta şiddetlide daha fazladır.

Tablo 12. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında kil miktarının değişimi

% Kil											
Yangın Şiddeti	Yanma durumu	Derinlik	Aralık' 13	Nisan' 14	Temmuz' 14	Aralık' 14	Nisan' 15	Temmuz' 15	Ekim '15	Mart'16	Ortalama
Düşük Şiddetli	Yangın	0-5 cm	10,44	9,24	8,67	9,66	14,63	7,11	7,37	7,71	9,35
	Yangın	5-10 cm	13,53	14,8	13,45	17,3	14,63	10,63	9,47	11,79	13,20
	Yangın	10-30 cm	15,93	13,92	15,55	18,12	10,58	15,79	9,68	16,36	14,49
Orta Şiddetli	Yangın	0-5 cm	12,59	11	7,33	14,69	15,25	10,56	9,51	8,94	11,23
	Yangın	5-10 cm	15,76	14,99	11,43	17,83	17,40	9,52	11,33	13,17	13,93
	Yangın	10-30 cm	15,12	19,63	17,33	19,55	15,12	15,54	13,60	16,80	16,58



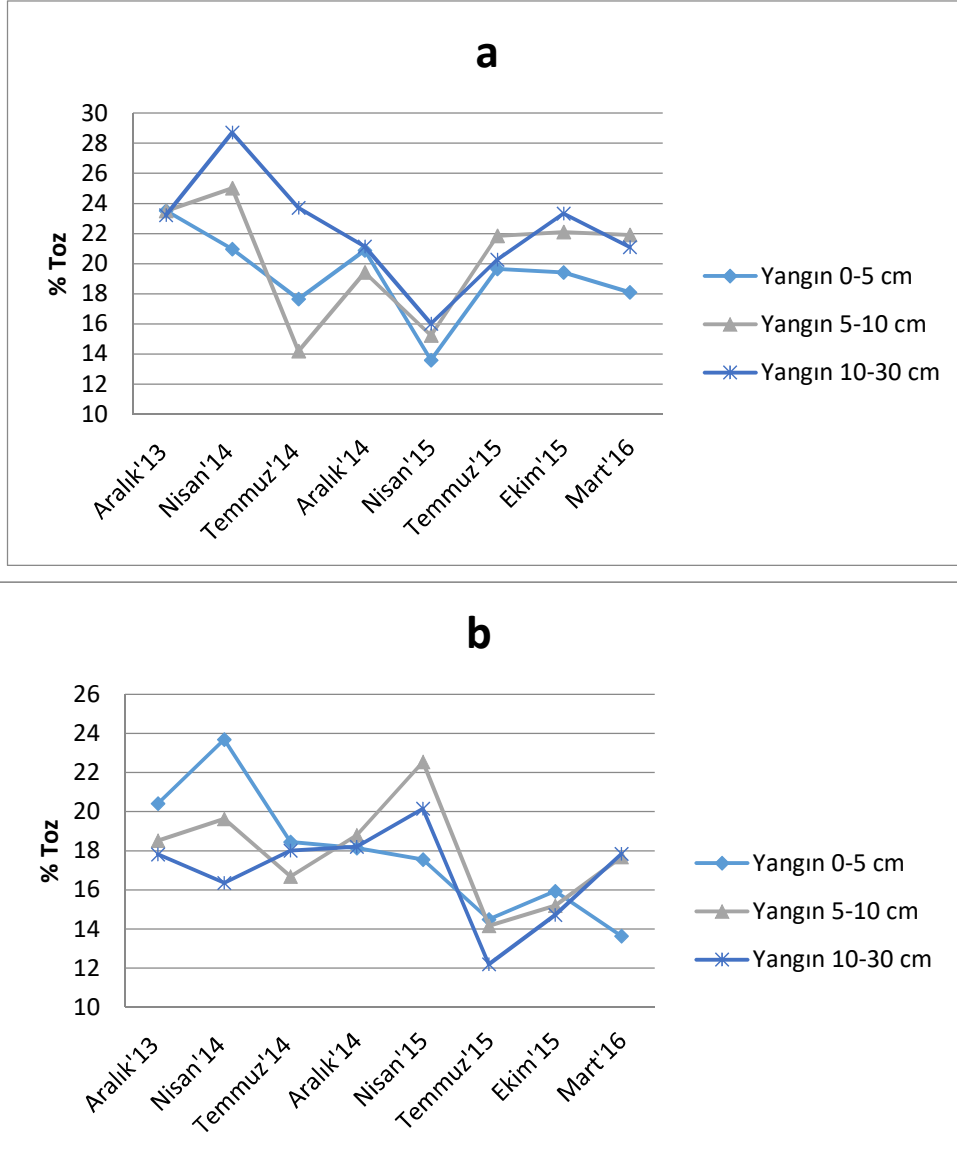
Şekil 22. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında kil miktarının değişimi

4.2.2.3 Toz miktarının değişimi (%)

Yangın sahalarında 5-10 ve 10-30 cm toprak derinliğinde düşük ve orta şiddetli yangın parsellerinin toz içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık çıkmıştır ve düşük şiddetlide daha fazladır ($p<0.05$). Ayrıca Nisan 2014 ve Temmuz ve Ekim 2015 dönemlerinde yangın sahalarında düşük ve orta şiddetli parsellerinin 5-10 ve 10-30 cm derinlikteki toprakların toz içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Temmuz 2015 ve Mart 2016 dönemlerinde yangın sahalarında düşük ve orta şiddetli parsellerin 0-5 cm derinlikteki toprakların toz içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkta düşük şiddetlide daha fazladır.

Tablo 13. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında toz miktarının değişimi

% Toz											
Yangın Şiddeti	Yanma durumu	Derinlik	Aralık' 13	Nisan' 14	Temmuz' 14	Aralık' 14	Nisan' 15	Temmuz' 15	Ekim'15	Mart' 16	Ortalama
Düşük Şiddetli	Yangın	0-5 cm	23,53	20,96	17,66	20,88	13,59	19,65	19,41	18,11	19,22
	Yangın	5-10 cm	23,51	25,02	14,19	19,42	15,22	21,85	22,10	21,90	20,40
	Yangın	10-30 cm	23,23	28,71	23,71	21,14	16,01	20,26	23,33	21,10	22,19
Orta Şiddetli	Yangın	0-5 cm	20,41	23,69	18,45	18,14	17,55	14,48	15,93	13,65	17,79
	Yangın	5-10 cm	18,51	19,63	16,69	18,8	22,54	14,16	15,19	17,68	17,90
	Yangın	10-30 cm	17,81	16,35	18,01	18,2	20,15	12,21	14,73	17,85	16,91



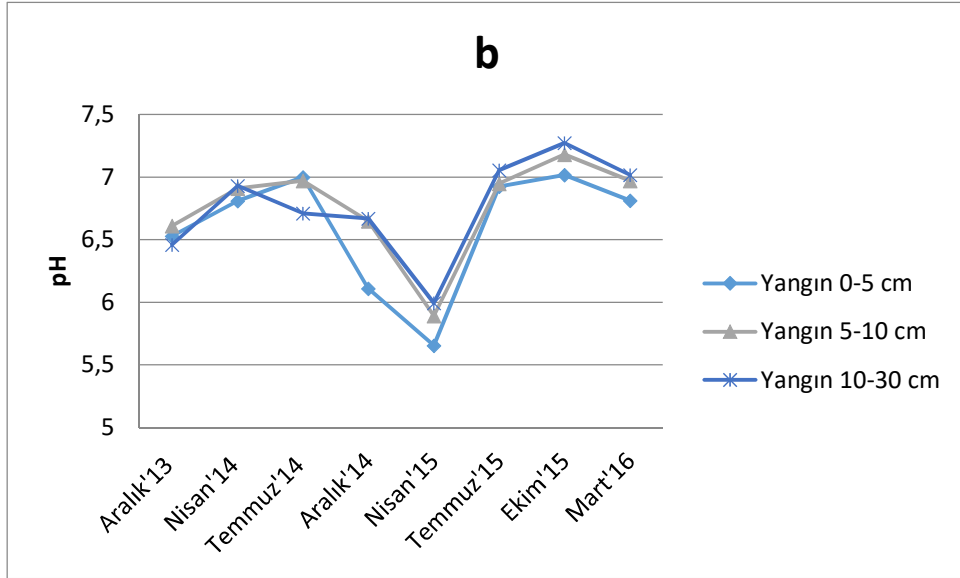
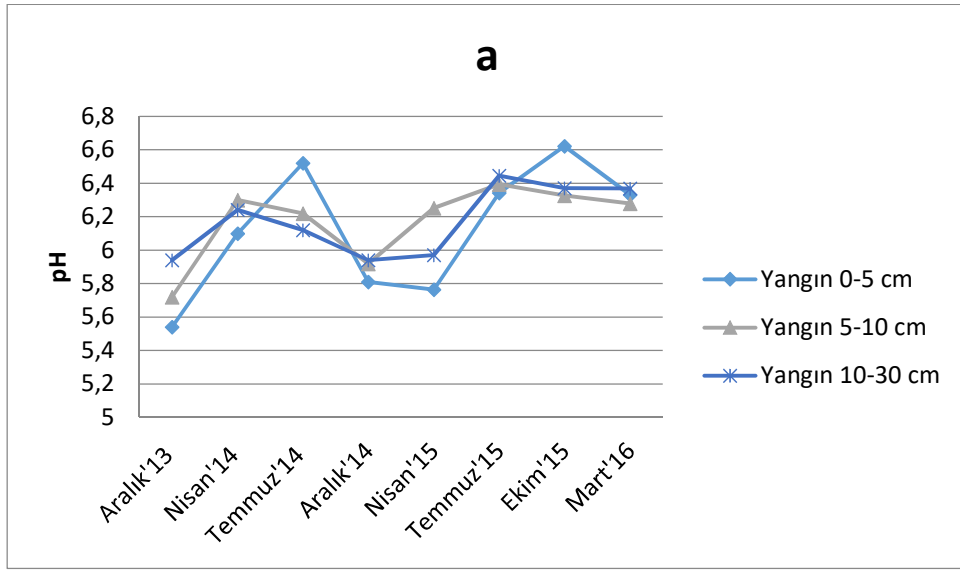
Şekil 23. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında toz miktarının değişimi

4.2.2.4 Toprak reaksiyonu değişimi

Yangın sahalarında her üç toprak derinliğinde düşük ve orta şiddetli yangın parsellerinin pH değerleri arasında anlamlı farklılık çıkmıştır ve orta şiddetlide daha fazladır ($p < 0.05$). Ayrıca nisan ve Aralık 2014, Ekim 2015 ve Mart 2016 dönemlerinde yangın sahalarında; düşük ve orta şiddetli parsellerinin 5-10 ve 10-30 cm derinlikteki toprakların pH değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$). Aralık 2013 ve Nisan 2014 dönemlerinde yangın sahalarında, düşük ve orta şiddetli parsellerinin 0-5 cm derinlikteki toprakların pH değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu farklılıkta orta şiddetlide daha fazladır.

Tablo 14. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında pH değerinin değişimi

pH											
Yangın Şiddeti	Yanma durumu	Derinlik	Aralık'13	Nisan '14	Temmuz' 14	Aralık' 14	Nisan '15	Temmuz' 15	Ekim'15	Mart' 16	Ortalama
Düşük Şiddetli	Yangın	0-5 cm	5,54	6,1	6,52	5,81	5,77	6,34	6,62	6,33	6,13
	Yangın	5-10 cm	5,72	6,3	6,22	5,92	6,25	6,39	6,33	6,28	6,18
	Yangın	10-30 cm	5,94	6,24	6,12	5,94	5,97	6,45	6,37	6,37	6,17
Orta Şiddetli	Yangın	0-5 cm	6,53	6,81	7	6,11	5,65	6,93	7,02	6,81	6,61
	Yangın	5-10 cm	6,61	6,91	6,97	6,65	5,89	6,95	7,18	6,97	6,77
	Yangın	10-30 cm	6,46	6,93	6,71	6,67	5,99	7,06	7,27	7,02	6,76



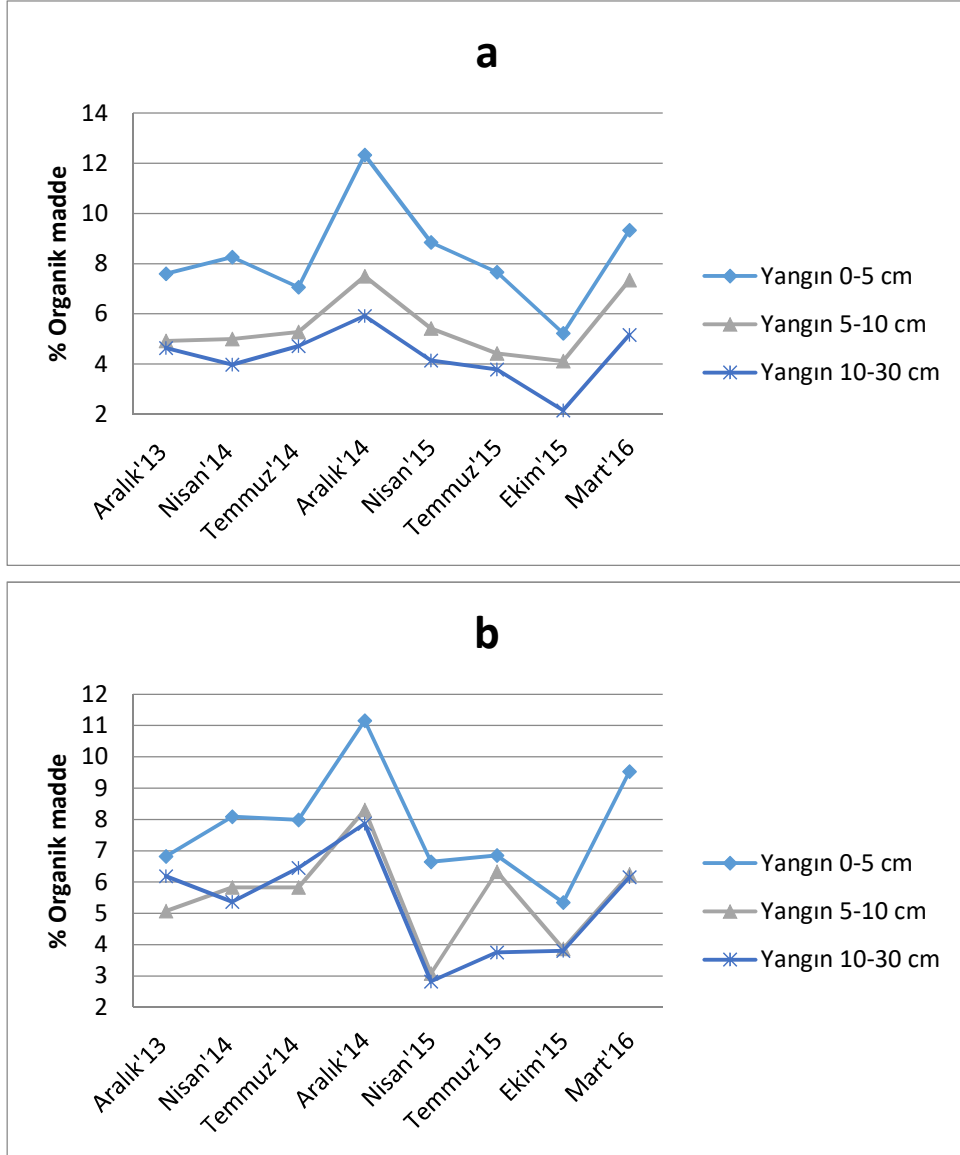
Şekil 24. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında pH değerinin değişimi

4.2.2.5 Organik madde miktarının değişimi (%)

Yangın sahalarında her üç toprak derinliğinde düşük ve orta şiddetli yangın parsellerinin organik madde içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık çıkmamıştır ($p>0.05$). Ayrıca zamansal olarak değerlendirildiğinde ise sadece Nisan 2015 döneminde yangın sahalarında; düşük ve orta şiddetli parsellerinin 0-5 cm derinlikteki toprakların organik madde içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p>0.05$). Bu farklılıkta düşük şiddetlide daha fazladır.

Tablo 15. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında Organik Madde miktarının değişimi

		Organik madde (%)								
Yangın Şiddeti	Derinlik	Aralık'13	Nisan'14	Temmuz'14	Aralık'14	Nisan'15	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Ortalama
Düşük Şiddetli	0-5 cm	7,6	8,26	7,06	12,33	8,85	7,66	5,23	9,33	8,29
	5-10 cm	4,92	5	5,28	7,5	5,41	4,43	4,11	7,35	5,50
	10-30 cm	4,64	3,97	4,71	5,92	4,15	3,78	2,15	5,16	4,31
Orta Şiddetli	0-5 cm	6,82	8,09	7,99	11,16	6,64	6,85	5,35	9,53	7,80
	5-10 cm	5,07	5,83	5,83	8,3	3,08	6,33	3,87	6,24	5,57
	10-30 cm	6,19	5,37	6,45	7,86	2,82	3,75	3,81	6,16	5,30



Şekil 25. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) Yangın sahasında Organik Madde miktarının değişimi

4.2.2.6 Faydalanabilir su kapasitesinin değişimi

Yangın sahalarında her üç toprak derinliğinde düşük ve orta şiddetli yangın parsellerinin FSK içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık çıkmamıştır ($p>0.05$). Ayrıca dönemlerde yangın sahalarında; düşük ve orta şiddetli parsellerin topraklarının FSK içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Tablo 16. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında FSK içeriği değişimi

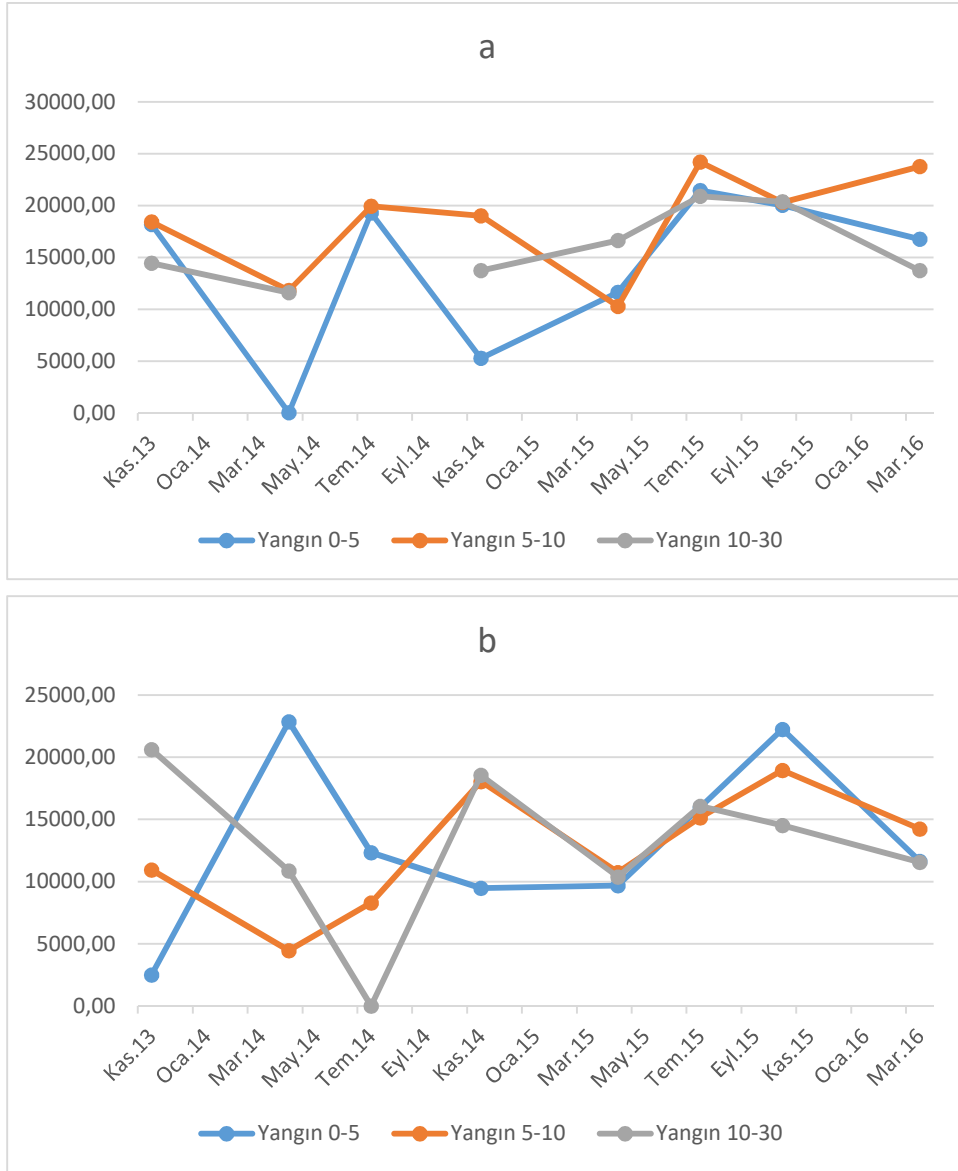
	Faydalanabilir Su Kapasitesi (%)								
	Kas.13	Nis.14	Tem.14	Kas.14	Nis.15	Tem.15	Eki.15	Mar.16	Ortalama
Düşük Şiddetli	0-5	5,58	13,81	9,23	20,80	4,81	13,96	18,49	12,38
	5-10	10,41	6,15	11,80	2,62	6,07	15,25	1,51	7,69
	10-30	10,44		2,32	5,97	1,85	0,26	11,81	5,44
Orta Şiddetli	0-5	13,91	9,34	20,29	14,34	4,04	7,38	11,60	11,56
	5-10	14,72	9,86	14,32	0,83	5,58	3,82	8,29	8,20
	10-30	2,21		7,51	0,65	6,18	8,33	3,85	4,79

4.2.2.7 Besin elementlerinin değişimi

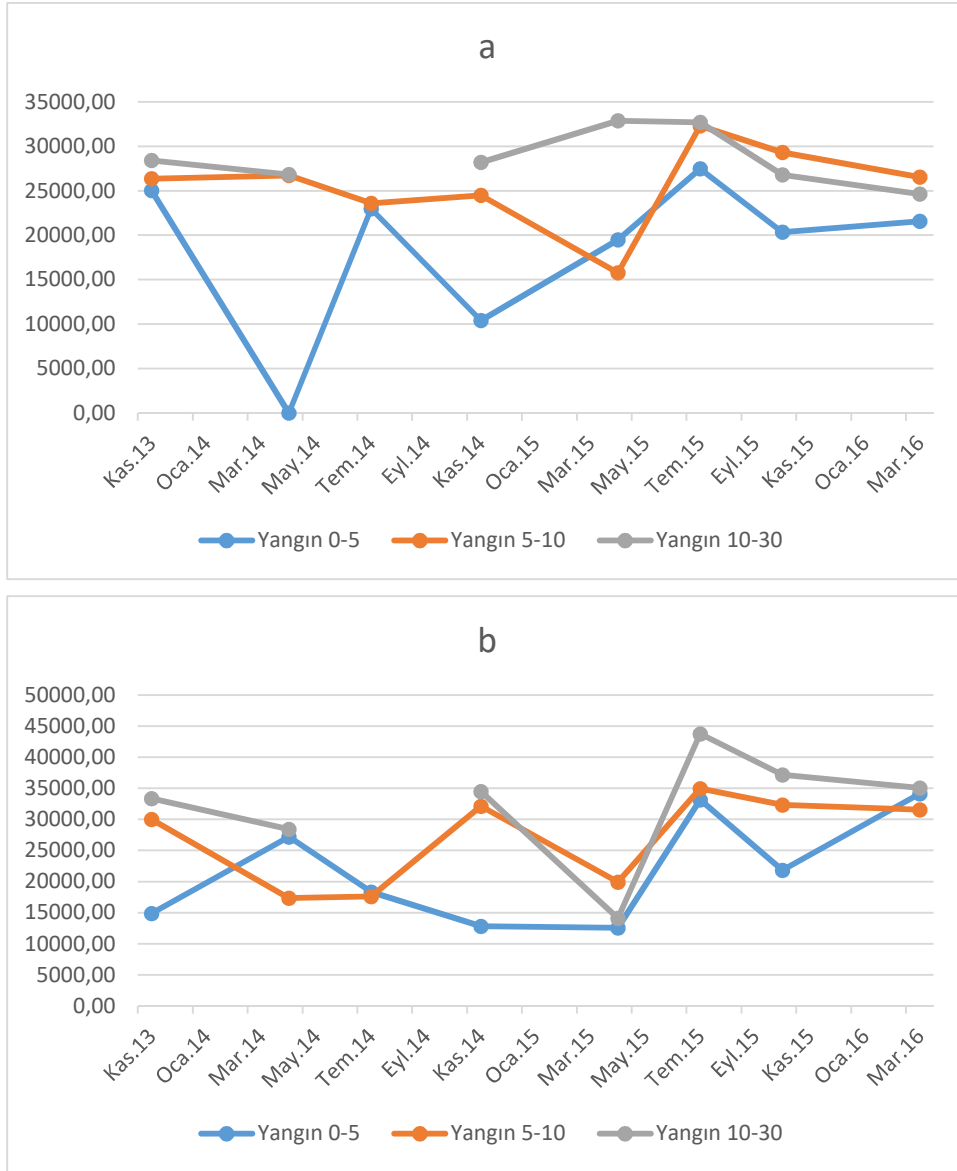
Yangın sahalarında her üç toprak derinliğinde K içeriğinin; 5-10 cm toprak derinliğinde Ca ve Mg içeriğinin düşük ve orta şiddetli yangın parselleri değerleri arasında anlamlı farklılık çıkmıştır ($p<0.05$). Bu farklılıkta K elementi miktarı orta şiddetlide, Ca ve Mg elementleri miktarı düşük şiddetlide daha fazladır. Ayrıca Nisan 2014 ve Temmuz 2015 dönemlerinde yangın sahalarında; düşük ve orta şiddetli parsellerinin 0-5 cm derinlikteki toprakların Fe içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Dönemlerde yangın sahalarında, düşük ve orta şiddetli parsellerinin Nisan 2014 dönemi 0-5 cm ve Mart 2016 dönemi 5-10 cm derinlikteki toprakların Ca içeriği değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu farklılıkta nisan dönemi düşük şiddetlide, temmuz ve mart dönemlerinde orta şiddetlide daha fazladır.

Tablo 17. Zamana ve yangın şiddetine göre yangın sahasında besin elementleri içeriği değişimi

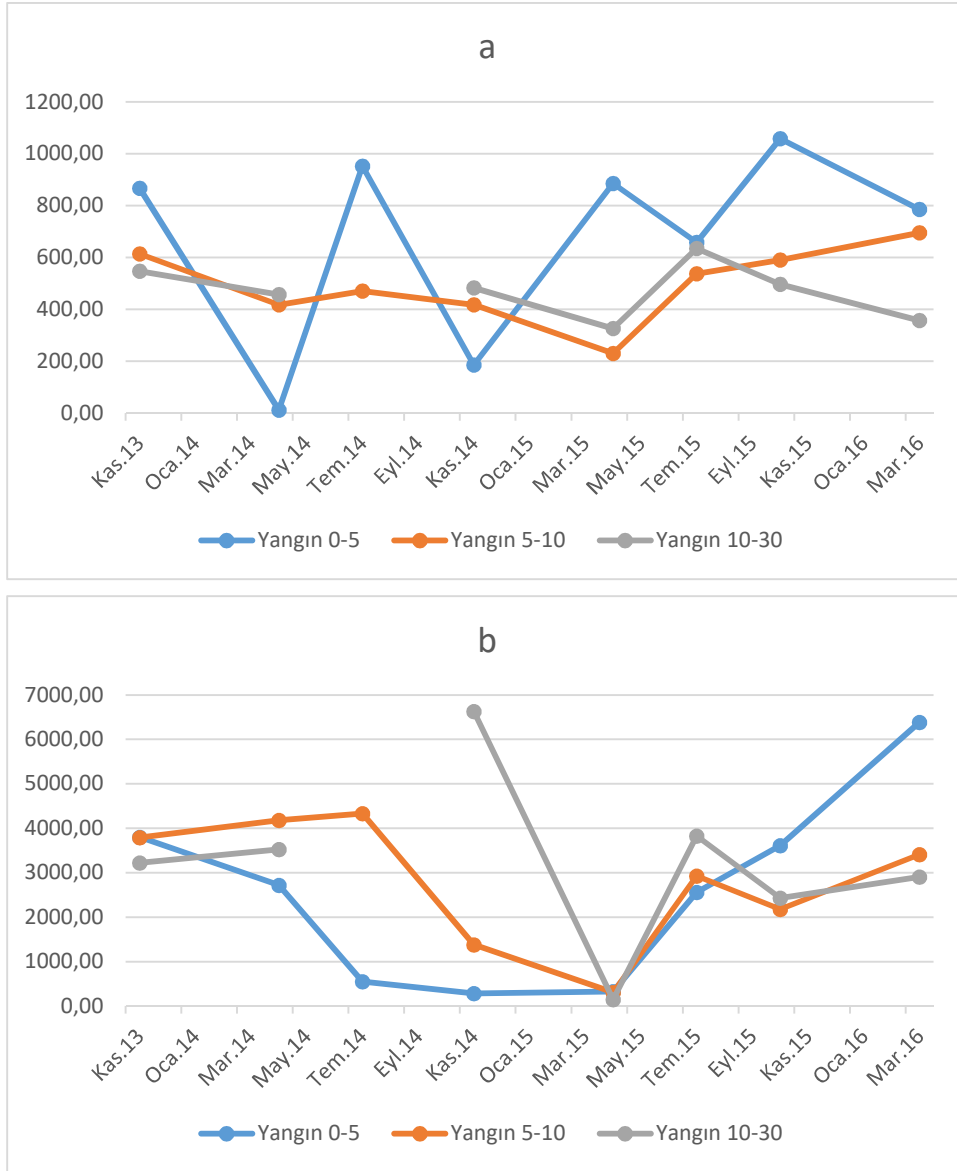
		Besin Elementleri (ppm)				
		Ca	Fe	K	Mg	Na
Düşük Şiddetli	0-5	14078,88	18400,94	674,61	6577,61	1237,72
	5-10	18460,35	25632,68	496,19	8811,70	1495,45
	10-30	13923,00	25049,38	412,12	8096,00	1401,96
Orta Şiddetli	0-5	13330,74	21873,92	2529,14	5826,44	1321,22
	5-10	12597,19	26986,25	2813,92	6295,25	1153,77
	10-30	12821,75	28298,75	2835,87	6845,88	1178,89



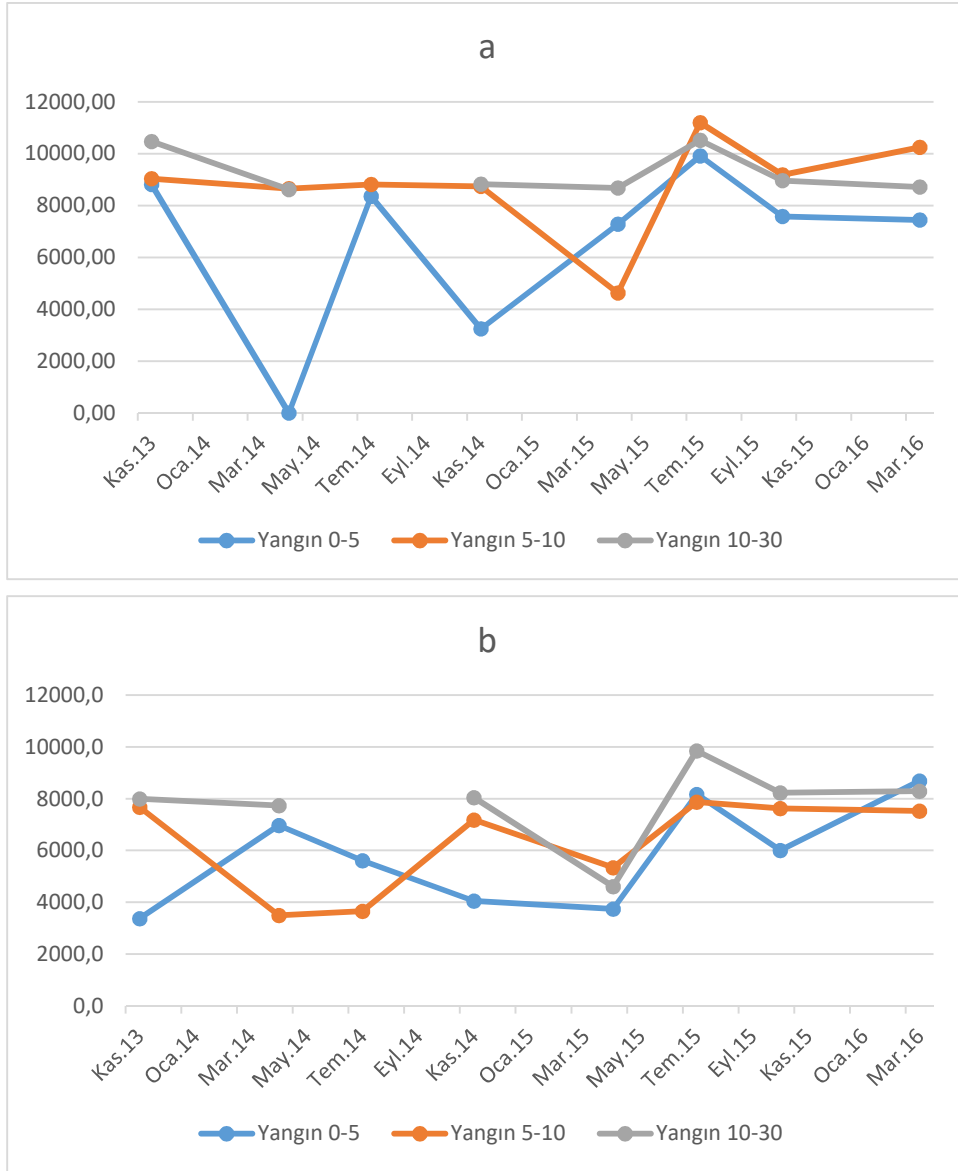
Şekil 26. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) Yangın sahasında Ca elementi miktarının değişimi



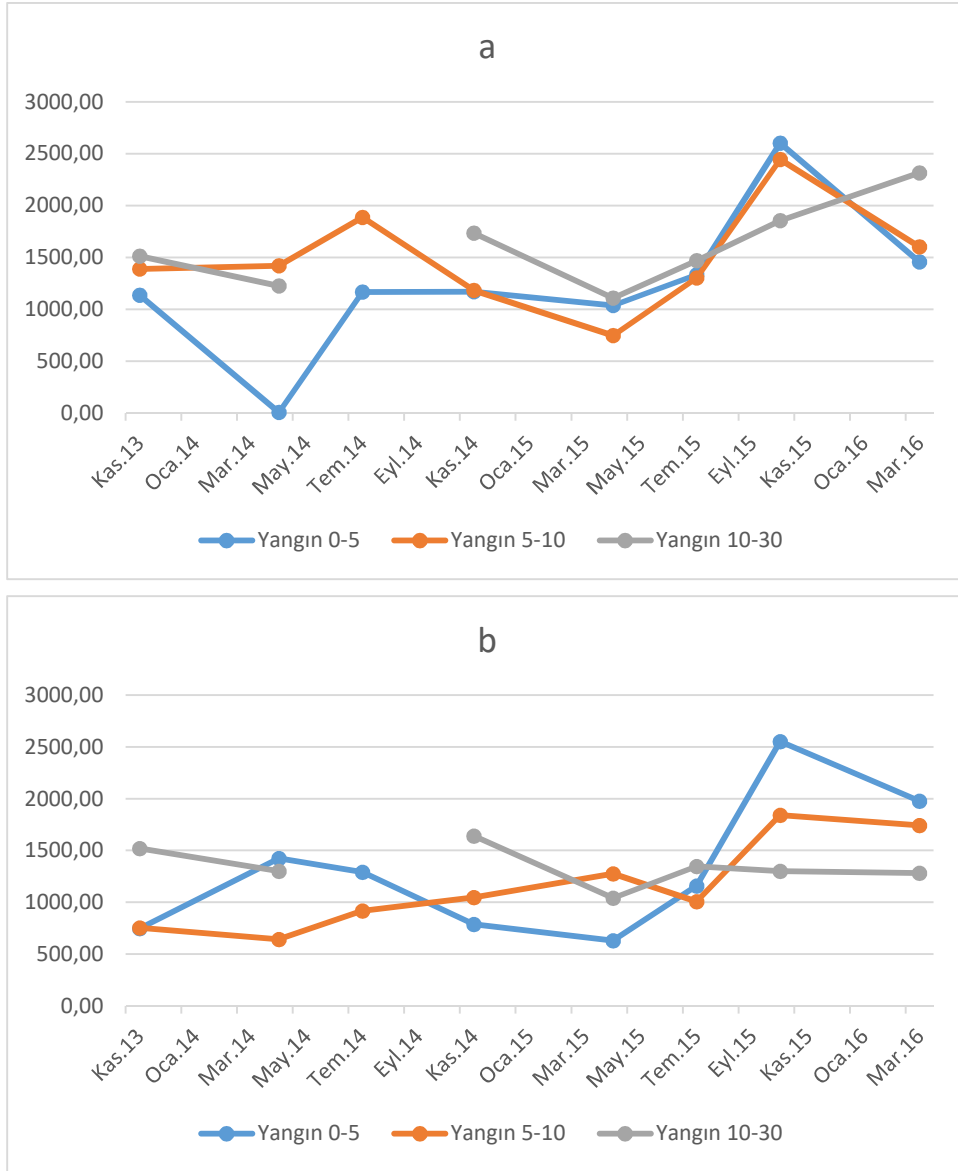
Şekil 27. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında Fe elementi miktarının değişimi



Şekil 28. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında K elementi miktarının değişimi



Şekil 29. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında Mg elementi miktarının değişimi



Şekil 30. Zamana ve yangın şiddetine göre (a:düşük şiddetli, b:orta şiddetli) yangın sahasında Na elementi miktarının değişimi

4.3 Toprak Solunumuna Ait Özellikler

4.3.1 Toprak solunumu, nemi ve sıcaklığının zamana göre değişimi

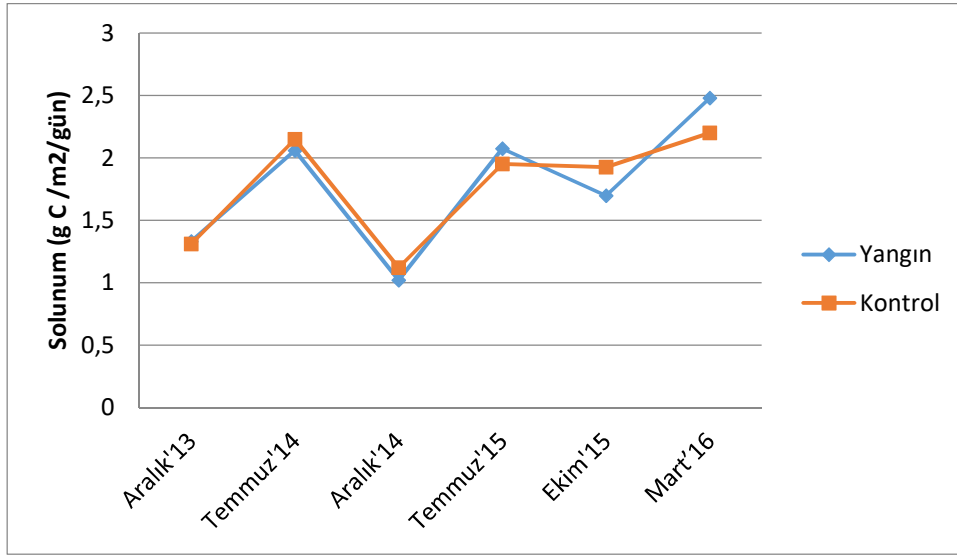
4.3.1.1 Solunumun Zamana Göre Değişimi

Solunum zamana göre değerlendirildiğinde sıcak ve yağışlı dönemlerde arttığı soğuk dönemlerde düştüğü görülmektedir. Toprak solunumunda bu dönemsel değişim yangın ve kontrol sahalarında istatistiki olarak da anlamlı çıkmıştır ($p < 0.05$). Bu süreçte ilk dönemlerdeki farklılıkta sıcaklığın son iki dönemde sıcaklıkla beraber nemin etkisi olduğu görülmektedir. Solunumun genel ortalama olarak yangın ve kontrol alanlarına göre değişim verileri

incelendiğinde istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Ayrıca bu dönemlerde toprak solunumunun yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 18. Solunumun zamana göre değişimi

Solunum (g C /m ² / gün)							
Yanma Durumu	Aralık'13	Temmuz'14	Aralık'14	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Genel Ortalama
Yangın	1,33	2,06	1,02	2,07	1,70	2,48	1,78
Kontrol	1,31	2,15	1,12	1,95	1,92	2,2	1,78



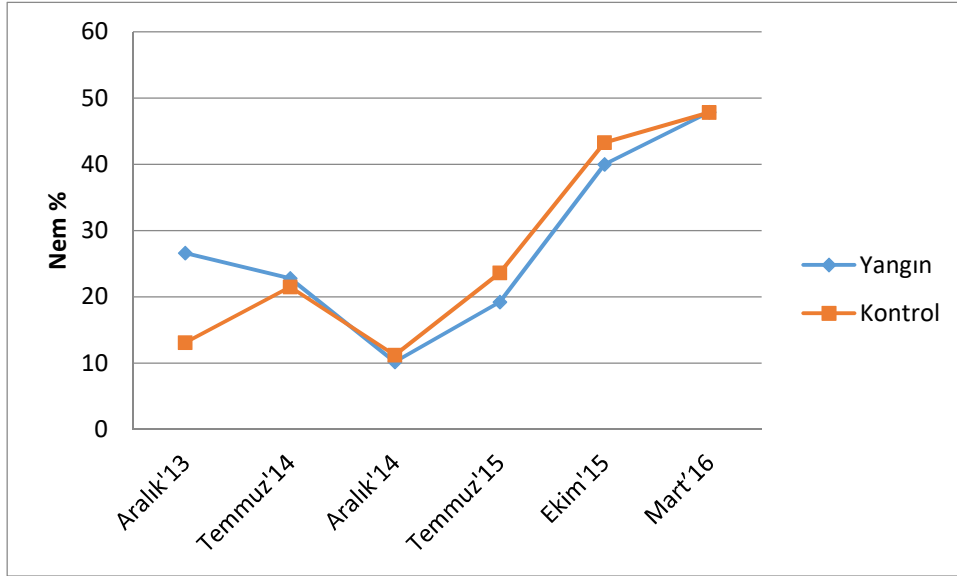
Şekil 31. Solunumun zamana göre değişimi

4.3.1.2 Toprak Neminin Zamana Göre Değişimi

Çalışmada toprak neminin zamansal değişimi mevsime bağlı olarak gerçekleşmiştir ve ilkbahar ve sonbahar aylarında en yüksek değerlerde bulunmuştur. Toprak neminde bu dönemsel değişim yangın ve kontrol sahalarında istatistiki olarak da anlamlı çıkmıştır ($p<0.05$). Genel ortalama olarak kontrol alanındaki nem miktarı, yangın alanından daha düşüktür, ancak bu farklılık önemli düzeyde değildir ($p>0.05$). Ayrıca sadece ilk dönemde toprak neminin yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ve Yangın sahasında daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 19. Nemin zamana göre değişimi

	(%) Nem						
Yanma Durumu	Aralık'13	Temmuz'14	Aralık'14	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Genel Ortalama
Yangın	26,6	22,8	10,2	19,22	39,98	47,86	27,78
Kontrol	13,1	21,5	11,2	23,60	43,31	47,82	26,75



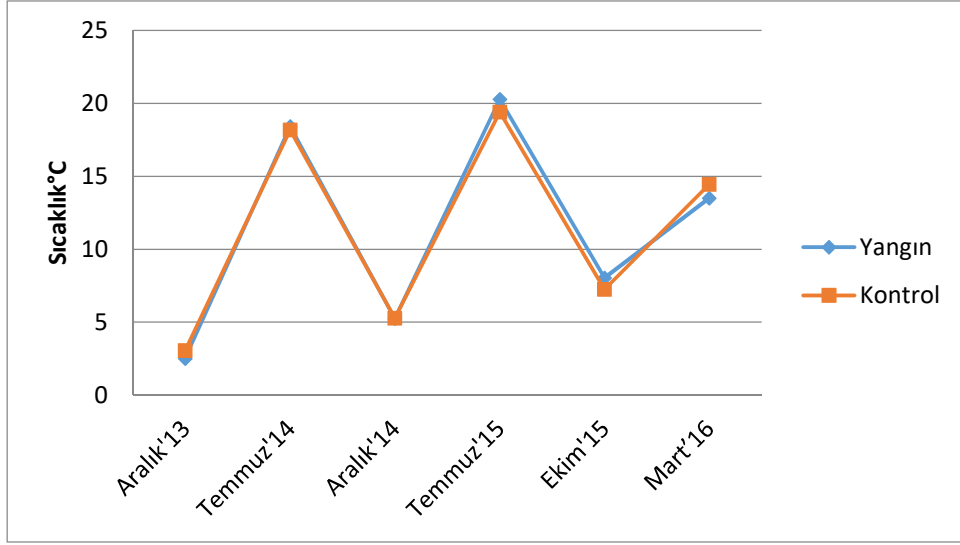
Şekil 32. Nemin zamana göre değişimi

4.3.1.3 Toprak Sıcaklığının Zamana Göre Değişimi

Zamana göre toprak sıcaklığı da mevsime bağlı değişim göstermekte ve yaz aylarında en yüksek kış aylarında en düşük değerlerde bulunmuştur Toprak neminde bu dönemsel değişim yangın ve kontrol sahalarında istatistiki olarak da anlamlı çıkmıştır ($p < 0.05$). Sıcaklığın alanlara göre ortalama değerleri incelendiğinde; kontrol alanındaki toprak sıcaklığı, yangın alanından daha düşüktür, ancak bu farklılık anlamlı düzeyde değildir ($p > 0.05$). Ayrıca sadece ilk ve son dönemlerde toprak sıcaklığının yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ve kontrol sahasında daha yüksek çıkmıştır ($p < 0.05$).

Tablo 20. Sıcaklığın zamana göre değişimi

	Sıcaklık (°C)						
Yanma Durumu	Aralık'13	Temmuz'14	Aralık'14	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Genel Ortalama
Yangın	2,5	18,42	5,26	20,28	8,03	13,50	11,66
Kontrol	3,06	18,17	5,28	19,42	7,25	14,44	11,93



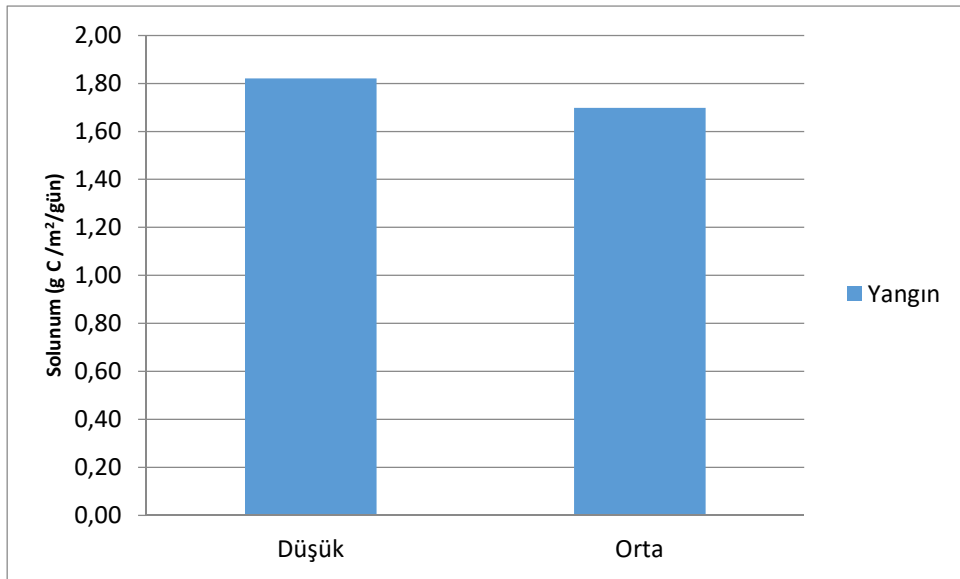
Şekil 33. Sıcaklığın zamana göre değişimi

4.3.2 Toprak solunumu, nemi ve sıcaklığının Yangın Şiddetine göre değişimi

Yangın sahalarında solunumunun değişimi incelendiğinde; orta şiddetli parselde yüksek çıkmıştır ve düşük ve orta yangın şiddetlerindeki solunum değerleri anlamlı olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 21. Solunumun yangın şiddetine göre değişimi

Yangın Şiddeti	Yangın
Düşük	1,82
Orta	1,70

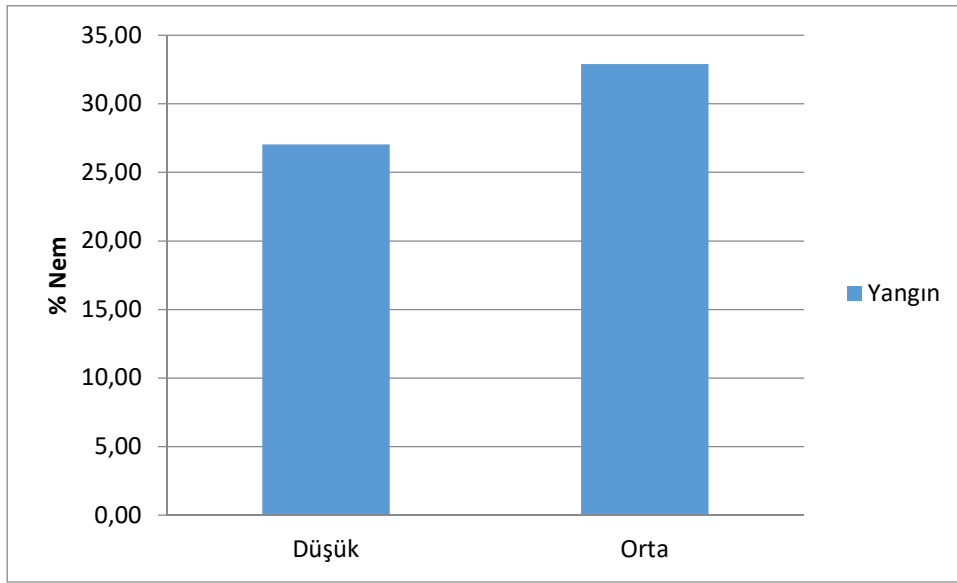


Şekil 34. Solunumun yangın şiddetine göre değişimi

Her iki yangın şiddeti uygulamasında düşük şiddetli parsellerin toprak nemi içeriği daha fazladır. Ancak yangın ve kontrol alanları arasındaki farklılıklar önemli düzeyde değildir ($p>0.05$).

Tablo 22. Yangın şiddetine göre nem değişimleri

Yangın Şiddeti	Yangın
Düşük	27,05
Orta	32,90

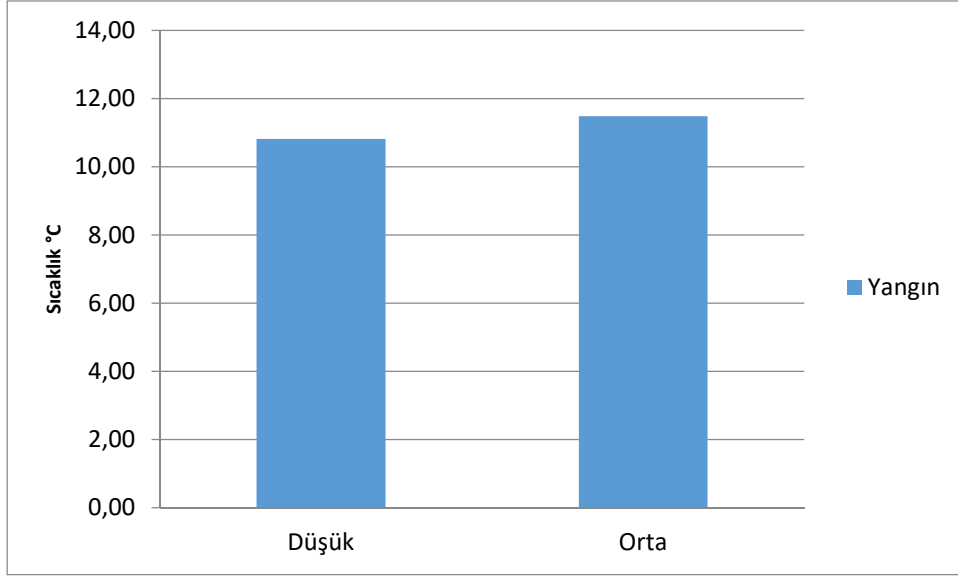


Şekil 35. Yangın şiddetine göre toprak nemi değişimleri

Yangın sahalarında toprak sıcaklığının değişimi incelendiğinde; orta şiddetli parselde yüksek çıkmıştır. Ancak düşük ve orta şiddetli parsel değerleri arasındaki farklılıklar önemli düzeyde değildir ($p>0.05$).

Tablo 23. Yangın şiddetine göre sıcaklığın değişimi

Yangın Şiddeti	Yangın
Düşük	10,82
Orta	11,48



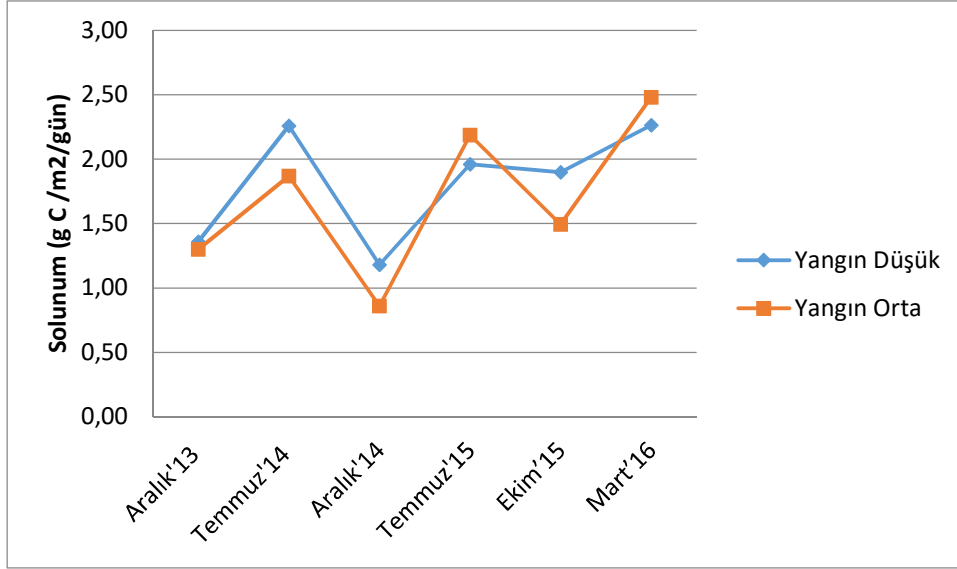
Şekil 36. Yangın şiddetine göre sıcaklığın değişimi

4.3.3 Toprak solunumu, nemi ve sıcaklığının Zamana ve Yangın Şiddetine göre değişimi

Dönemler içerisinde sadece Aralık 2014 döneminde yangın sahalarının düşük ve orta şiddetli parselleri arasında toprak solunumu değerlerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ve düşük şiddetlide daha fazla çıkmıştır ($p < 0.05$).

Tablo 24. Solunumun zamana ve yangın şiddetine göre değişimi

Yangın Şiddeti	Solunum ($\text{g C.m}^{-2}.\text{Gün}^{-1}$)						
	Aralık'13	Temmuz'14	Aralık'14	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Ortalama
Düşük	1,36	2,26	1,18	1,96	1,90	2,27	1,73
Orta	1,30	1,87	0,86	2,19	1,49	2,48	1,54

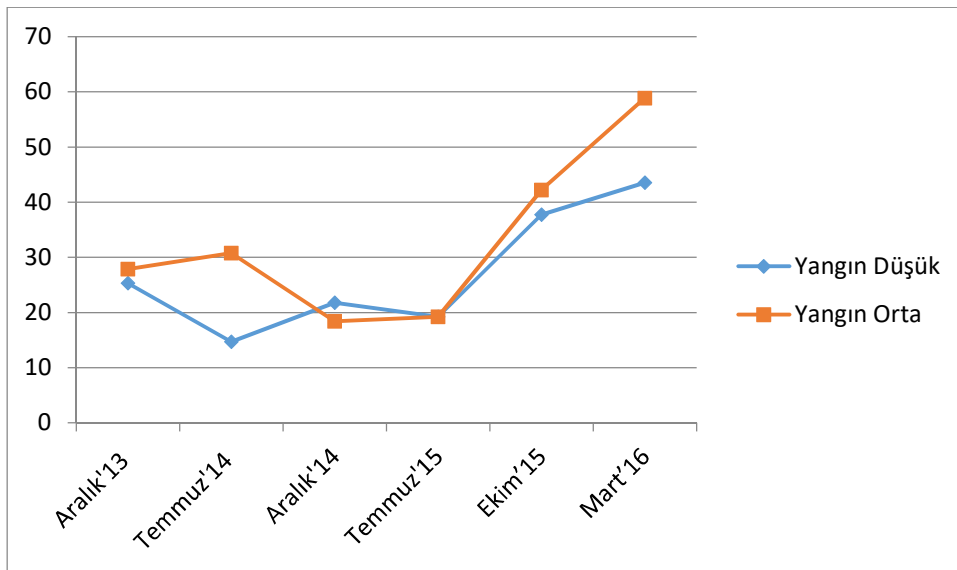


Şekil 37. Solunumun zamana ve yangın şiddetine göre değişimi

Toprak neminin dönemler içinde sadece Temmuz 2014 döneminde yangın sahlarındaki düşük ve orta şiddetli kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$) ve orta şiddetli parselde daha fazla çıkmıştır.

Tablo 25. Zamana ve yangın şiddetine göre nem değişimleri

	Nem (%)					
Yangın Şiddeti	Aralık'13	Temmuz'14	Aralık'14	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16
Düşük	25,3	14,7	21,8	19,23	37,74	43,54
Orta	27,9	30,8	18,4	19,21	42,23	58,87
						Ortalama
						23,75
						27,71

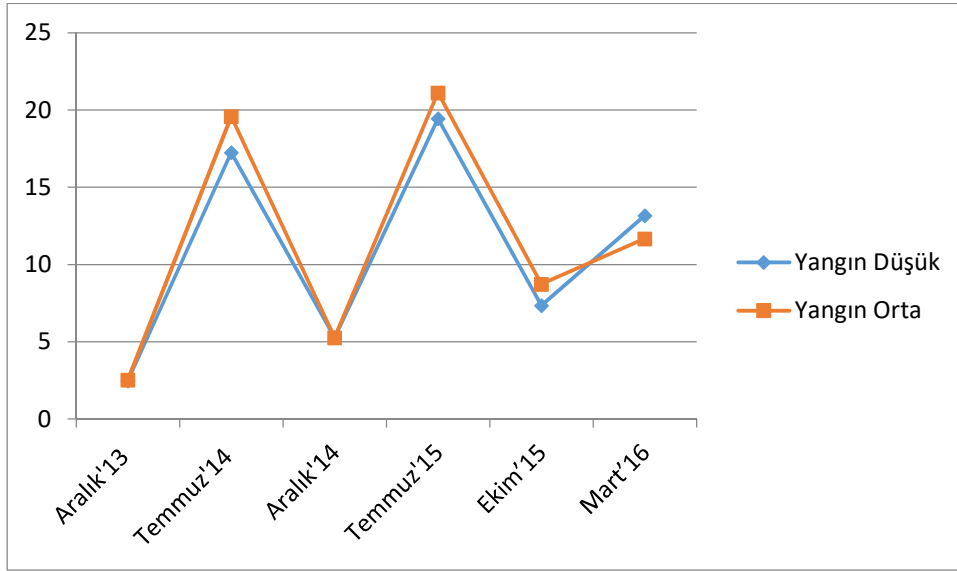


Şekil 38. Zamana ve yangın şiddetine göre nem değişimleri

Dönemlerdeki toprak sıcaklığı değerlerinin her iki aralık dönemi hariç diğer dönemlerde yangın sahalarında düşük ve orta şiddetli parsel değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıkta son dönem hariç orta şiddetlide daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 26. Zamana ve yangın şiddetine göre sıcaklığın değişimi

	Sıcaklık (°C)						
Yangın Şiddeti	Aralık'13	Temmuz'14	Aralık'14	Temmuz'15	Ekim'15	Mart'16	Ortalama
Düşük	2,46	17,25	5,27	19,44	7,33	13,17	10,35
Orta	2,54	19,58	5,27	21,11	8,72	11,67	11,44



Şekil 39. Zamana ve yangın şiddetine göre sıcaklığın değişimi

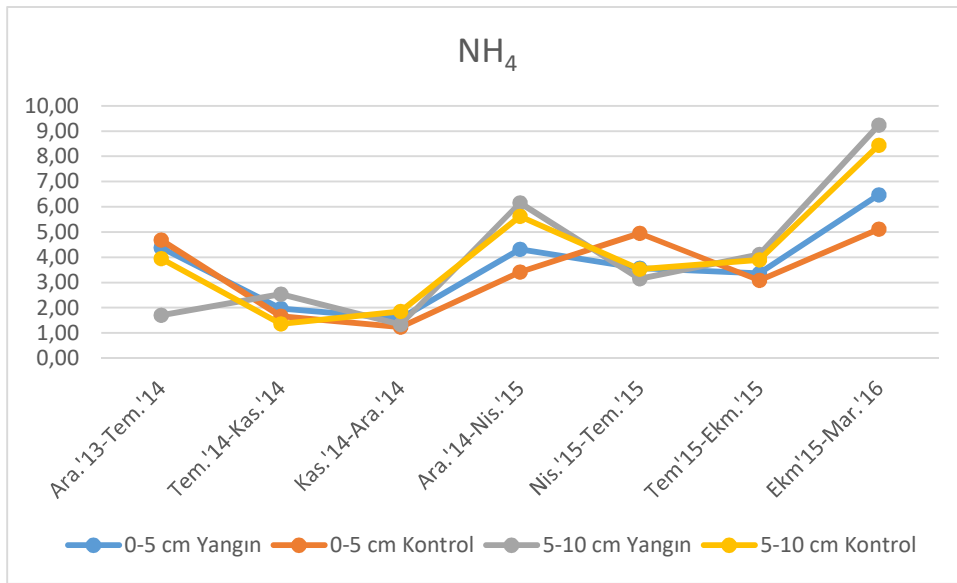
4.4 Toprakta mineralleşmeye ait özellikler

4.4.1 Mineralleşmenin zamana göre değişimi

NH_4 , NO_3 mineralleşmesi ve toplam mineralleşme; ilk altı aylık dönemden sonraki altı ayda düşük oranlarda bulunmuş, daha sonraki yılda tekrar artarak en son dönemde en yüksek mineralleşme oranları bulunmuştur. Bu değişimler yangın ve kontrol sahalarında her iki derinlik kademesinde topraklarda istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 27. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta NH_4 mineralleşmesinin zamana göre değişimi

		Kg/ha							
		Ara.'13-Tem.'14	Tem.'14-Kas.'14	Kas.'14-Ara.'14	Ara.'14-Nis.'15	Nis.'15-Tem.'15	Tem.'15-Ekm.'15	Ekm.'15-Mar.'16	Toplam
0-5 cm	Yangın	4,38	1,97	1,58	4,31	3,57	3,36	6,47	25,64
	Kontrol	4,69	1,67	1,23	3,41	4,95	3,08	5,11	24,13
5-10 cm	Yangın	1,71	2,54	1,34	6,16	3,14	4,10	9,24	28,22
	Kontrol	3,94	1,36	1,86	5,62	3,52	3,89	8,43	28,62

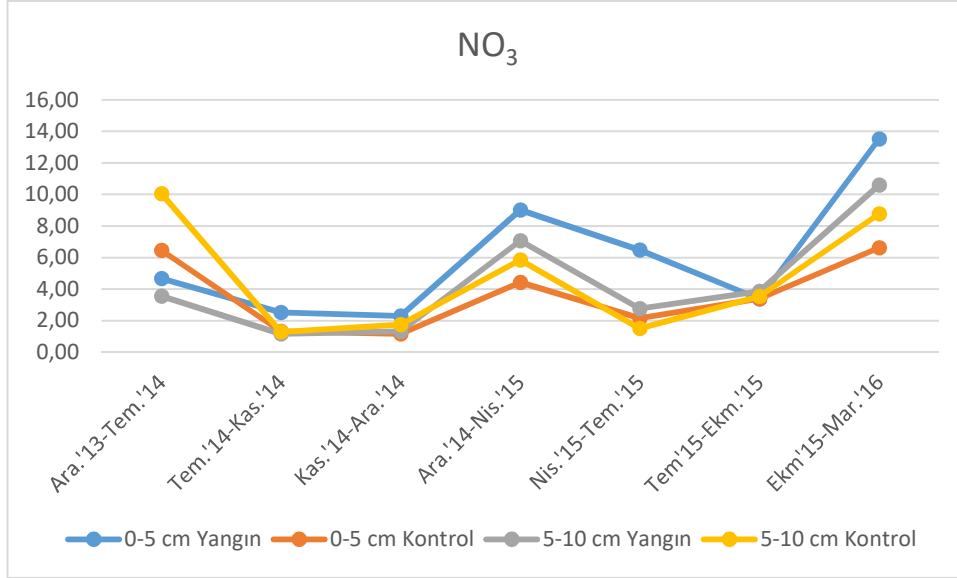


Şekil 40. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta toplam NH_4 mineralleşmesinin (kg/ha) zamana göre değişimi

NH_4 mineralleşmesinin, alt toprakta ilk altı aydaki yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuş ve yangın sahasında daha düşük çıkmıştır ($p < 0.05$).

Tablo 28. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta NO_3 mineralleşmesinin zamana göre değişimi

		Kg/ha							
		Ara.'13-Tem.'14	Tem.'14-Kas.'14	Kas.'14-Ara.'14	Ara.'14-Nis.'15	Nis.'15-Tem.'15	Tem.'15-Ekm.'15	Ekm.'15-Mar.'16	Toplam
0-5 cm	Yangın	4,67	2,53	2,30	9,02	6,48	3,37	13,52	41,89
	Kontrol	6,46	1,33	1,17	4,42	2,16	3,40	6,63	25,57
5-10 cm	Yangın	3,56	1,17	1,33	7,06	2,77	3,85	10,59	30,34
	Kontrol	10,06	1,28	1,76	5,85	1,50	3,54	8,77	32,75

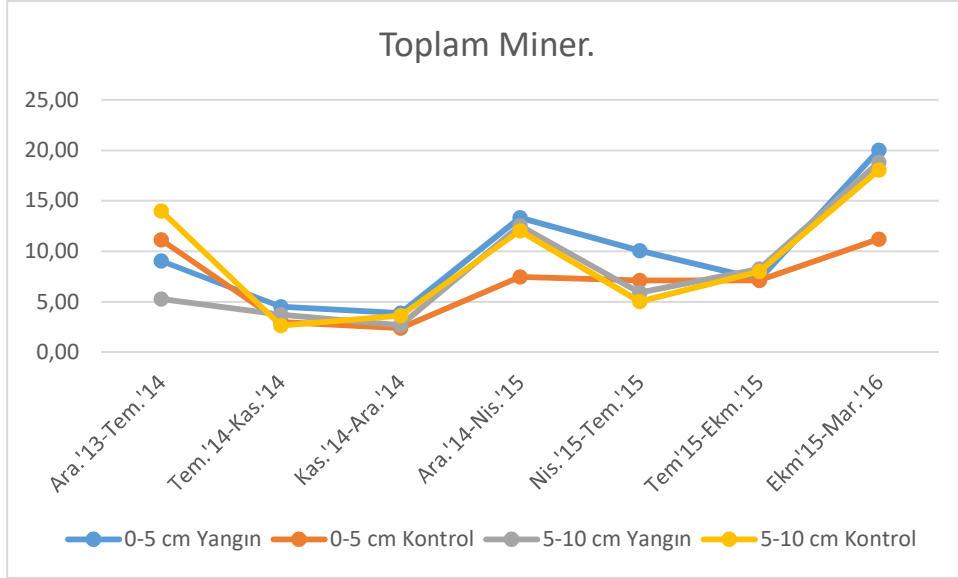


Şekil 41. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta toplam NO₃ mineralleşmesinin (kg/ha) zamana göre değişimi

NO₃ mineralleşmesinin; alt toprakta ilk altı aydaki, üst toprakta Aralık 2014-Nisan 2015, Nisan 2015-Temmuz 2015 dönemlerindeki ve çalışmanın son altı ayındaki yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuş ($p < 0.05$) ve alt toprakta kontrol sahalarında üst toprakta ise yangın sahalarında daha fazla bulunmuştur.

Tablo 29. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta toplam mineralleşmenin zamana göre değişimi

		Kg/ha							Toplam
		Ara.'13-Tem.'14	Tem.'14-Kas.'14	Kas.'14-Ara.'14	Ara.'14-Nis.'15	Nis.'15-Tem.'15	Tem'15-Ekm.'15	Ekm'15-Mar.'16	
0-5 cm	Yangın	9,04	4,50	3,88	13,34	10,05	7,25	20,01	68,07
	Kontrol	11,14	3,00	2,40	7,46	7,10	7,11	11,19	49,41
5-10 cm	Yangın	5,27	3,71	2,67	12,55	5,91	8,25	18,82	57,16
	Kontrol	14,00	2,63	3,62	12,03	5,02	8,01	18,04	63,34

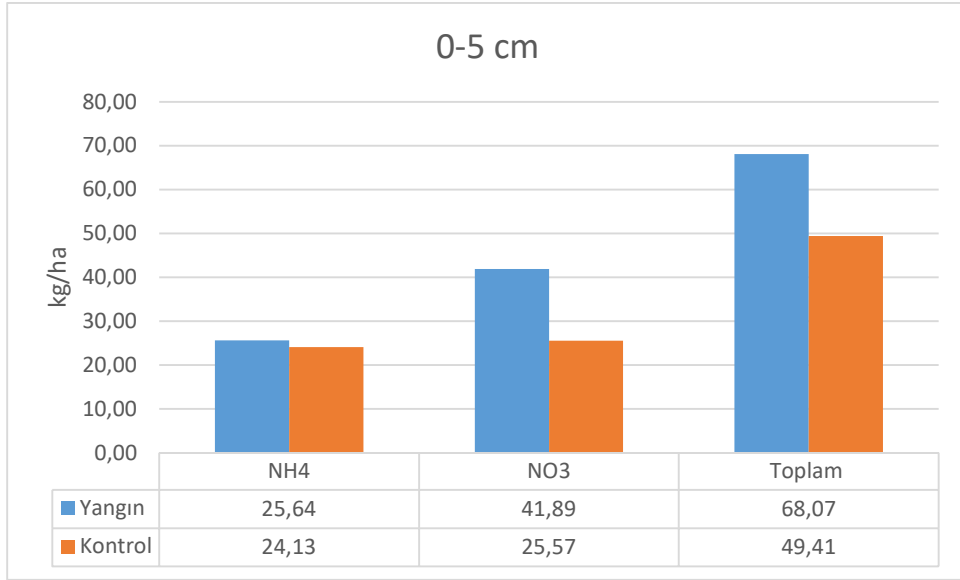


Şekil 42. Yangın ve kontrol alanlarının üst ve alt toprakta toplam mineralleşmenin (kg/ha) zamana göre değişimi

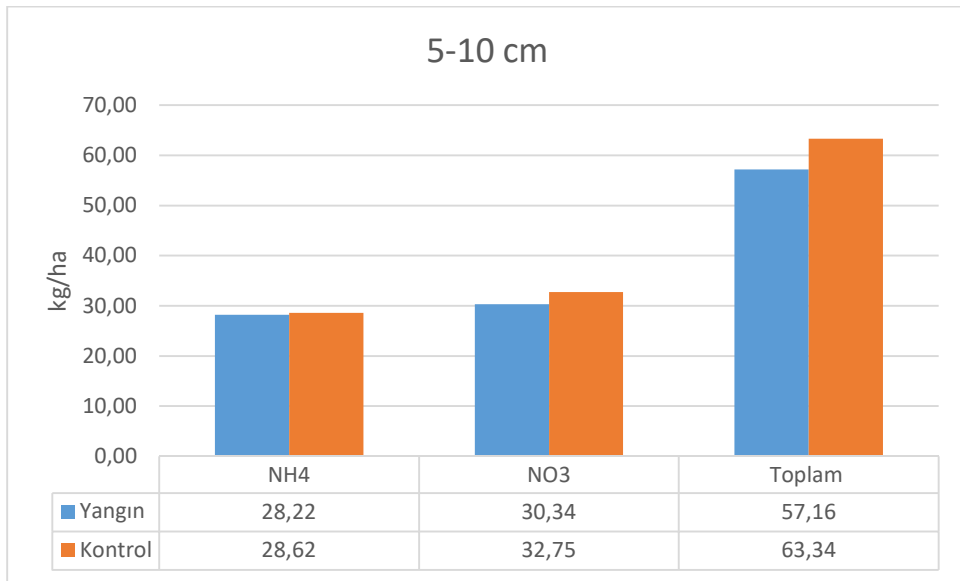
Toplam mineralleşmenin; alt toprakta ilk altı aydaki, üst toprakta Aralık 2014-Nisan 2015 dönemindeki ve çalışmanın son altı ayındaki yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuş ve alt toprakta kontrol sahalarında üst toprakta ise yangın sahalarında daha fazla bulunmuştur ($p < 0.05$).

4.4.2 Mineralleşmenin alanlara göre değişimi

Çalışma alanında üst toprakta NO_3 mineralleşmesinin yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık ortaya çıkmıştır ($p < 0.05$). Bu farklılıkta yangın sahasında daha fazla NO_3 verimi belirlenmiştir. NH_4 mineralleşmesi ve toplam mineralleşmenin yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.



Şekil 43. Üst toprakta mineralleşmenin yangın ve kontrol sahalarında değişimi



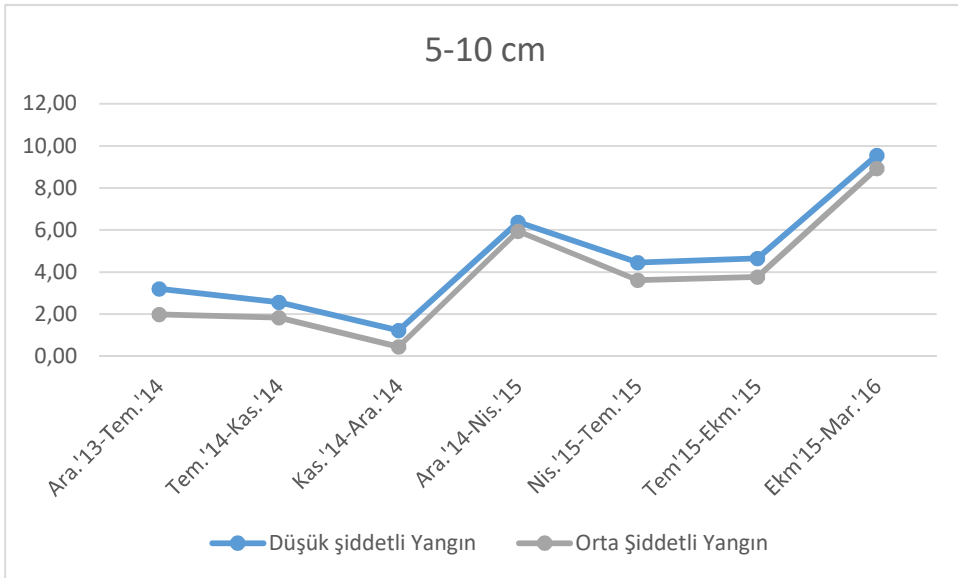
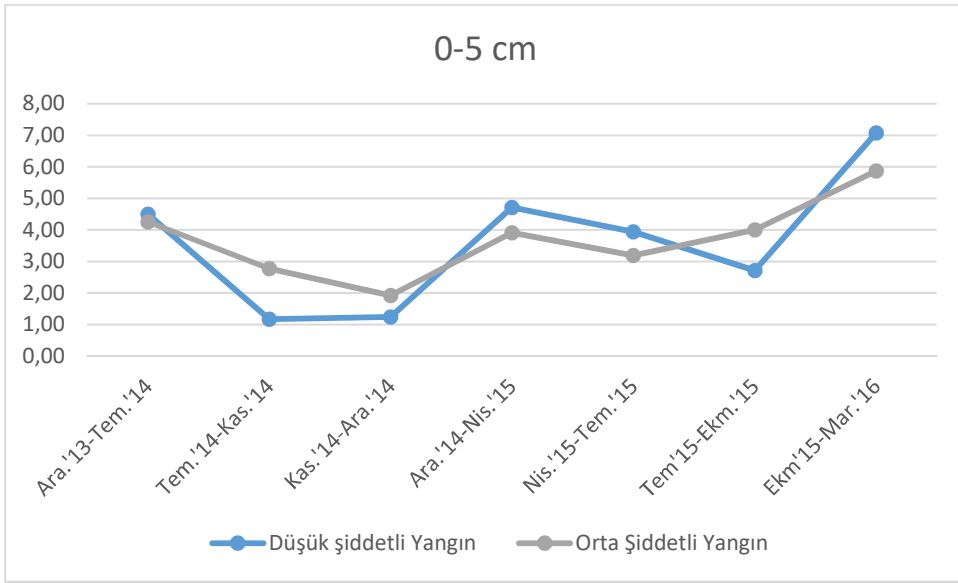
Şekil 44. Alt toprakta mineralleşmenin yangın ve kontrol sahalarında değişimi

4.4.3 Mineralleşmenin yangın şiddetine göre değişimi

Yangın sahalarında üst toprakta NO_3 mineralleşmesinde düşük ve orta şiddetli yangın parselleri değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$) ve orta şiddetli yangın sahasında daha fazladır.

Tablo 30. NH₄ mineralleşmesinin yangın sahalarında yangın şiddetine göre değişimi

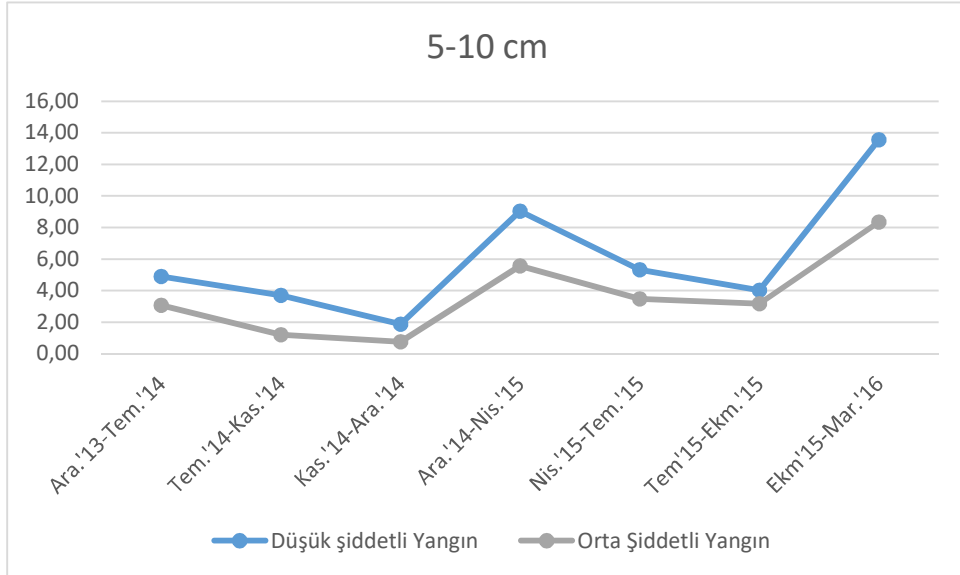
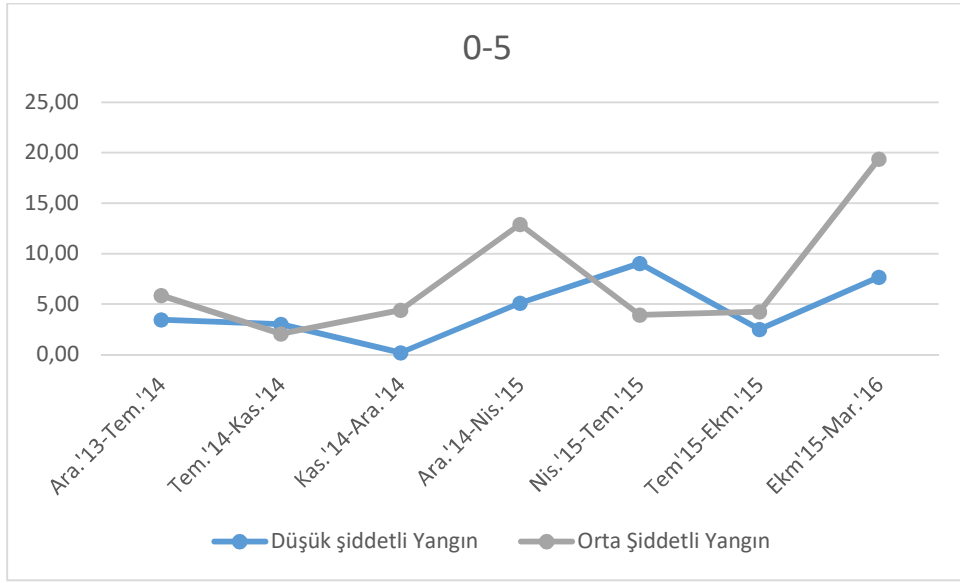
Derinlik	Yangın Şiddeti	Kg/ha							
		Ara.'13-Tem.'14	Tem.'14-Kas.'14	Kas.'14-Ara.'14	Ara.'14-Nis.'15	Nis.'15-Tem.'15	Tem.'15-Ekm.'15	Ekm.'15-Mar.'16	Toplam
0-5 cm	Düşük şiddetli	4,50	1,17	1,24	4,72	3,95	2,71	7,07	25,36
	Orta Şiddetli	4,26	2,78	1,92	3,91	3,19	4,00	5,87	25,92
5-10 cm	Düşük şiddetli	5,19	0,56	1,05	3,95	4,27	3,16	5,92	24,09
	Orta Şiddetli	3,94	1,36	1,86	5,62	3,52	3,89	8,43	28,62



Şekil 45. NH₄ mineralleşmesinin (kg/ha) yangın sahalarında alt ve üst toprakta yangın şiddetine göre değişimi

Tablo 31. NO₃ mineralleşmesinin yangın sahalarında yangın şiddetine göre değişimi

Derinlik	Yangın Şiddeti	Kg/ha							
		Ara.'13-Tem.'14	Tem.'14-Kas.'14	Kas.'14-Ara.'14	Ara.'14-Nis.'15	Nis.'15-Tem.'15	Tem.'15-Ekm.'15	Ekm.'15-Mar.'16	Toplam
0-5 cm	Düşük şiddetli	3,47	3,02	0,19	5,11	9,03	2,50	7,67	30,99
	Orta Şiddetli	5,88	2,05	4,41	12,92	3,93	4,24	19,38	52,79
5-10 cm	Düşük şiddetli	4,89	3,70	1,87	9,04	5,31	4,03	13,56	42,40
	Orta Şiddetli	3,07	1,20	0,75	5,57	3,47	3,17	8,35	25,56

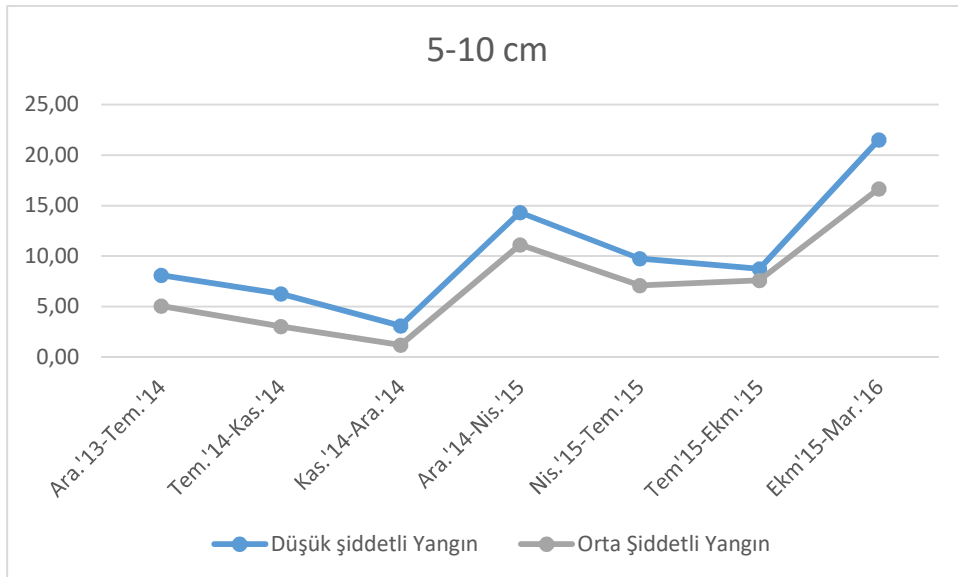
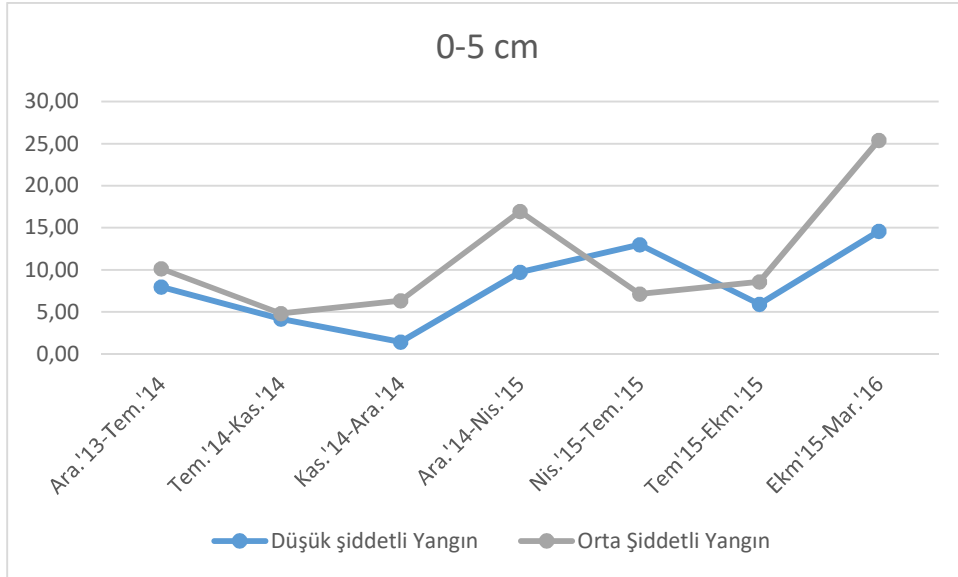


Şekil 46. NO₃ mineralleşmesinin (kg/ha) yangın sahalarında alt ve üst toprakta yangın şiddetine göre değişimi

Yangın saharındaki NO₃ mineralleşmesinin; alt ve üst toprakta Kasım 2014-Aralık 2014, Aralık 2014-Nisan 2015 ve Ekim 2015-Mart 2016 dönemlerindeki düşük ve orta şiddetli parsel değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuş ve alt toprakta düşük şiddetlide üst toprakta ise orta şiddetlide daha fazla bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 32. Toplam mineralleşmenin yangın saharlarında yangın şiddetine göre değişimi

Derinlik	Yangın Şiddeti	Kg/ha							
		Ara.'13-Tem.'14	Tem.'14-Kas.'14	Kas.'14-Ara.'14	Ara.'14-Nis.'15	Nis.'15-Tem.'15	Tem.'15-Ekm.'15	Ekm.'15-Mar.'16	Toplam
0-5 cm	Düşük şiddetli	7,96	4,19	1,43	9,73	12,98	5,92	14,60	56,80
	Orta Şiddetli	10,13	4,82	6,34	16,94	7,12	8,58	25,41	79,33
5-10 cm	Düşük şiddetli	8,89	2,10	1,45	9,26	9,77	6,83	13,89	52,18
	Orta Şiddetli	14,00	2,63	3,62	12,03	5,02	8,01	18,04	63,34



Şekil 47. Toplam mineralleşmenin (kg/ha) yangın sahalarında alt ve üst toprakta yangın şiddetine göre değişimi

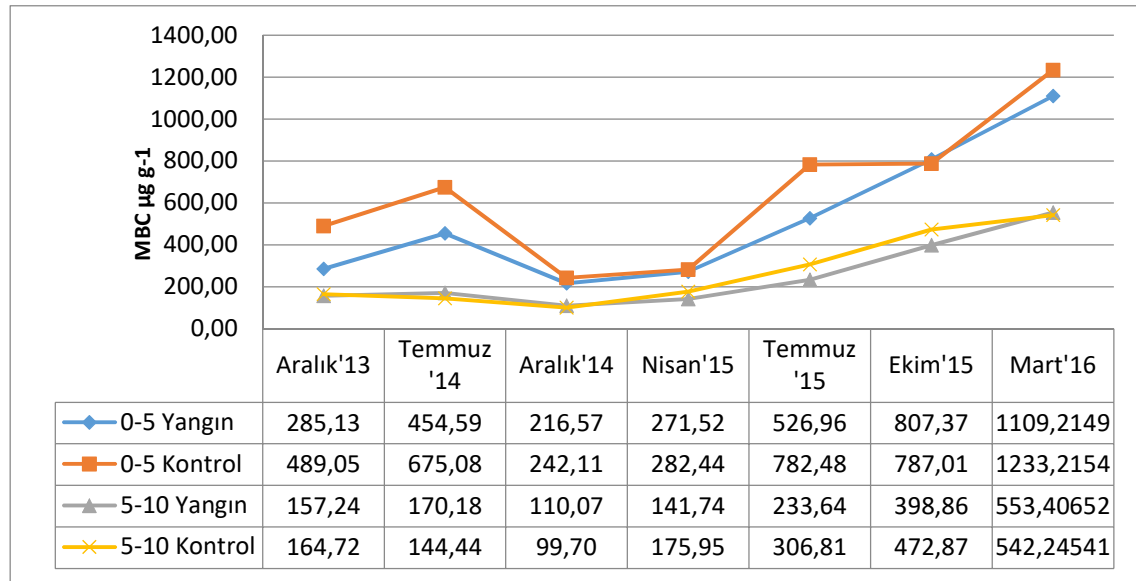
Yangın sahalarındaki toplam mineralleşmenin; alt ve üst toprakta Kasım 2014-Aralık 2014; üst toprakta Aralık 2014-Nisan 2015 ve Ekim 2015-Mart 2016 dönemlerindeki düşük ve orta şiddetli parsel değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuş ($p<0.05$). Bu farklılıkta alt toprakta düşük şiddetli de üst toprakta ise orta şiddetli de daha fazla bulunmuştur.

4.5 Toprakta mikrobiyal biyokütleyle ait özellikler

4.5.1 Mikrobiyal biyokütlenin zamansal değişimi

4.5.1.1 Mikrobiyal karbonun değişimi

Çalışma alanlarında mikrobiyal biyokütle karbon (MBC) dönemsel olarak Aralık'13 döneminden Temmuz'14'e artış gösterip aynı yıl Aralık ayında tekrar düşüş gösterdikten sonra sonraki dönemler boyunca tekrar önemli düzeyde artış göstermiştir. Dönemler boyunca görülen değişimde anlamlı farklılık görülmektedir ($p<0.05$).

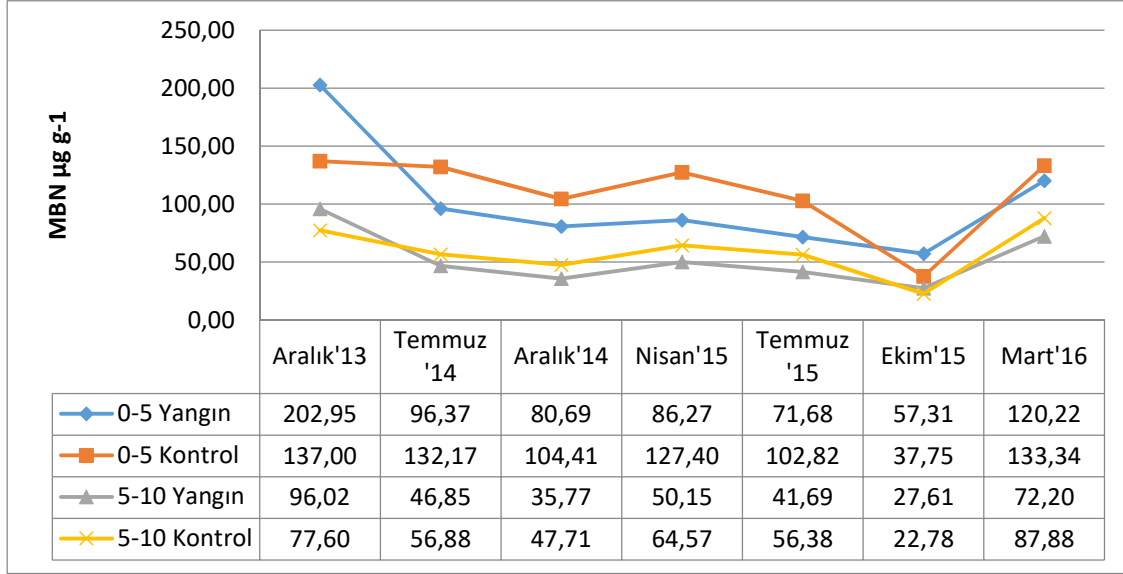


Şekil 48. Mikrobiyal karbonun alt ve üst toprakta zamansal değişimi

Çalışma alanında mikrobiyal karbon içeriği Aralık 2013, Temmuz 2014 ve Temmuz 2015 dönemlerinde üst toprakta; Nisan ve Temmuz 2015 dönemlerinde alt toprakta yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu farklılıklarda kontrol sahalarında daha fazla MBC içeriği bulunmuştur.

4.5.1.2 Mikrobiyal azotun değişimi

Çalışma alanında Aralık 2013'ten Ekim 2015'e genel olarak her iki toprak derinliğinde mikrobiyal azotta azalma, son dönemde tekrar artış söz konusudur. Dönemler boyunca görülen değişimde anlamlı farklılık görölmektedir ($p<0.05$).

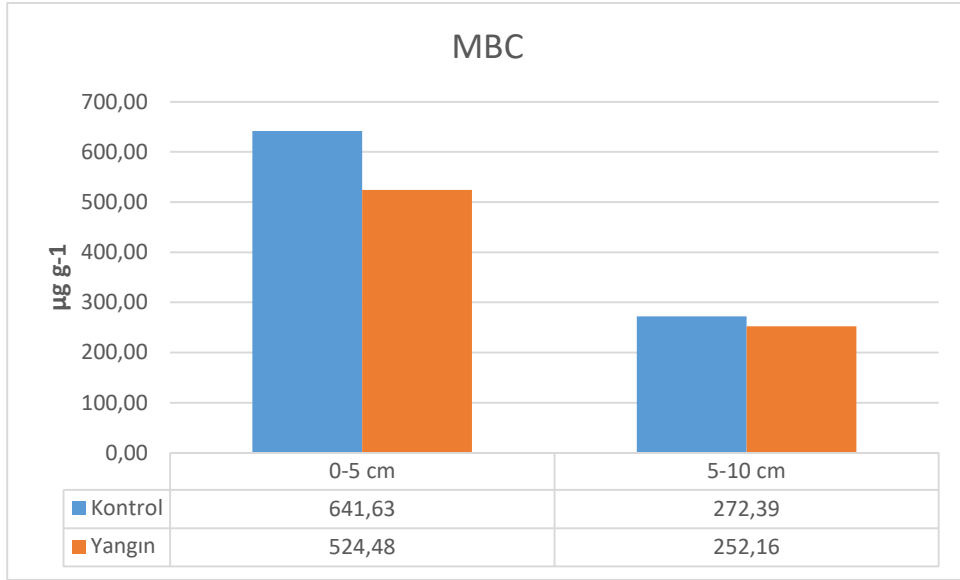


Şekil 49. Mikrobiyal azotun alt ve üst toprakta zamansal değişimi

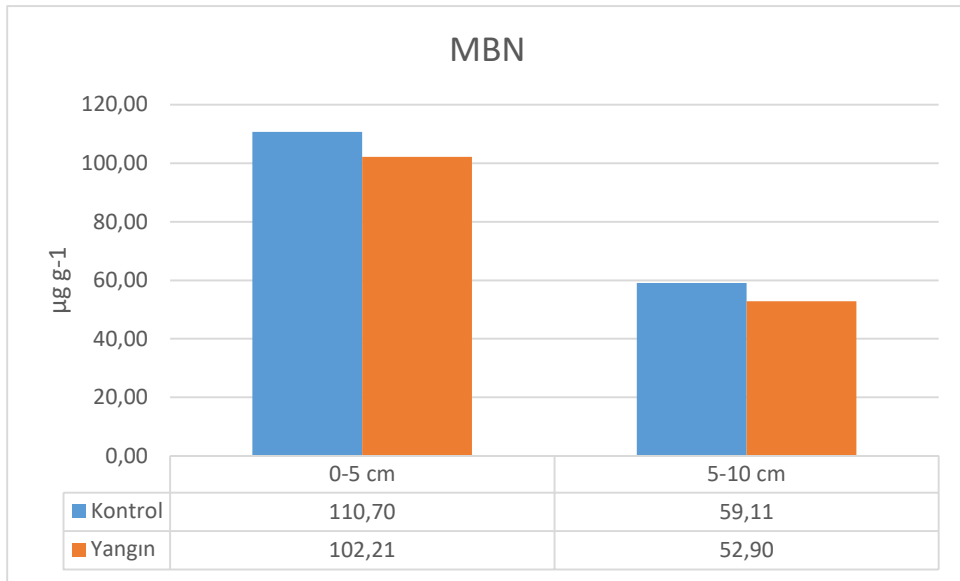
Çalışma alanında mikrobiyal azot içeriğinin, Temmuz 2014, Aralık 2014 Nisan 2015 ve Temmuz 2015 dönemlerinde alt ve üst toprakta; Aralık 2013 ve Ekim 2015 dönemlerinde üst toprakta, Mart 2016 döneminde alt topraktaki yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılıklarda Aralık 2013 ve Ekim 2015 dönemlerinde yangın sahalarında daha fazla, diğer dönemlerde ise kontrol sahalarında daha fazla MBC içeriği bulunmuştur.

4.5.2 Mikrobiyal biyokütlenin alanlara göre değişimi

Mikrobiyal biyokütlenin ortalama verilerinin yangın ve kontrol alanlarındaki değişiminde, yangın sahalarında daha düşük mikrobiyal biyokütle miktarları belirlenmiştir. Bütün dönemlerin verileri değerlendirildiğinde, üst toprakta MBC miktarının, üst ve alt her iki derinlik kademesinde MBN miktarının yangın ve kontrol değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).



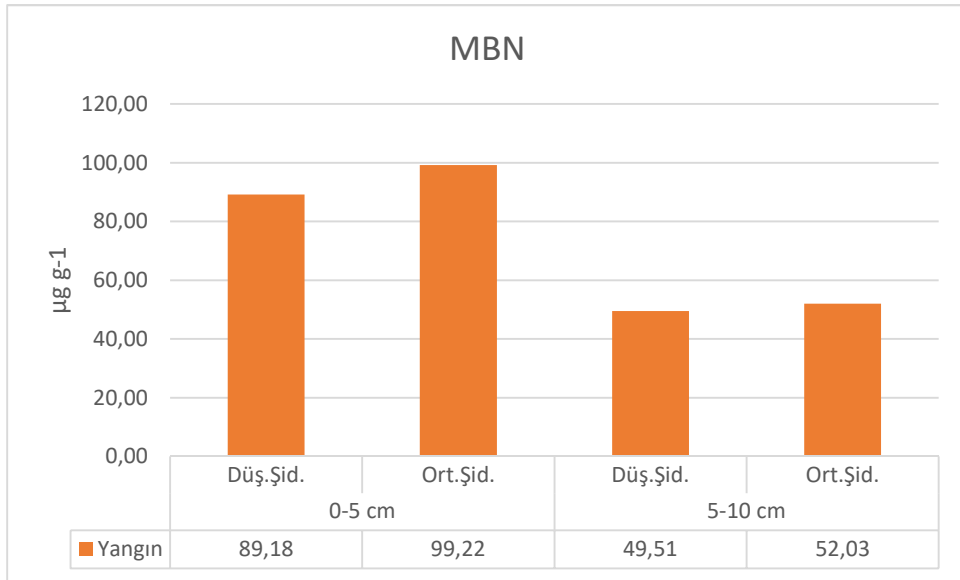
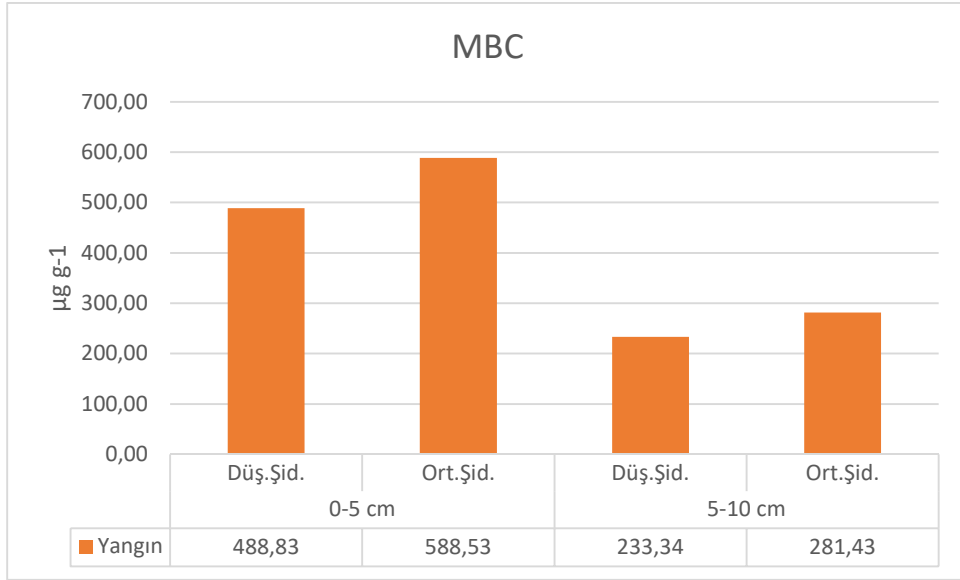
Şekil 50. Mikrobiyal biyokütle karbonun (MBC) alt ve üst toprakta yangın ve kontrol sahalarında değişimi



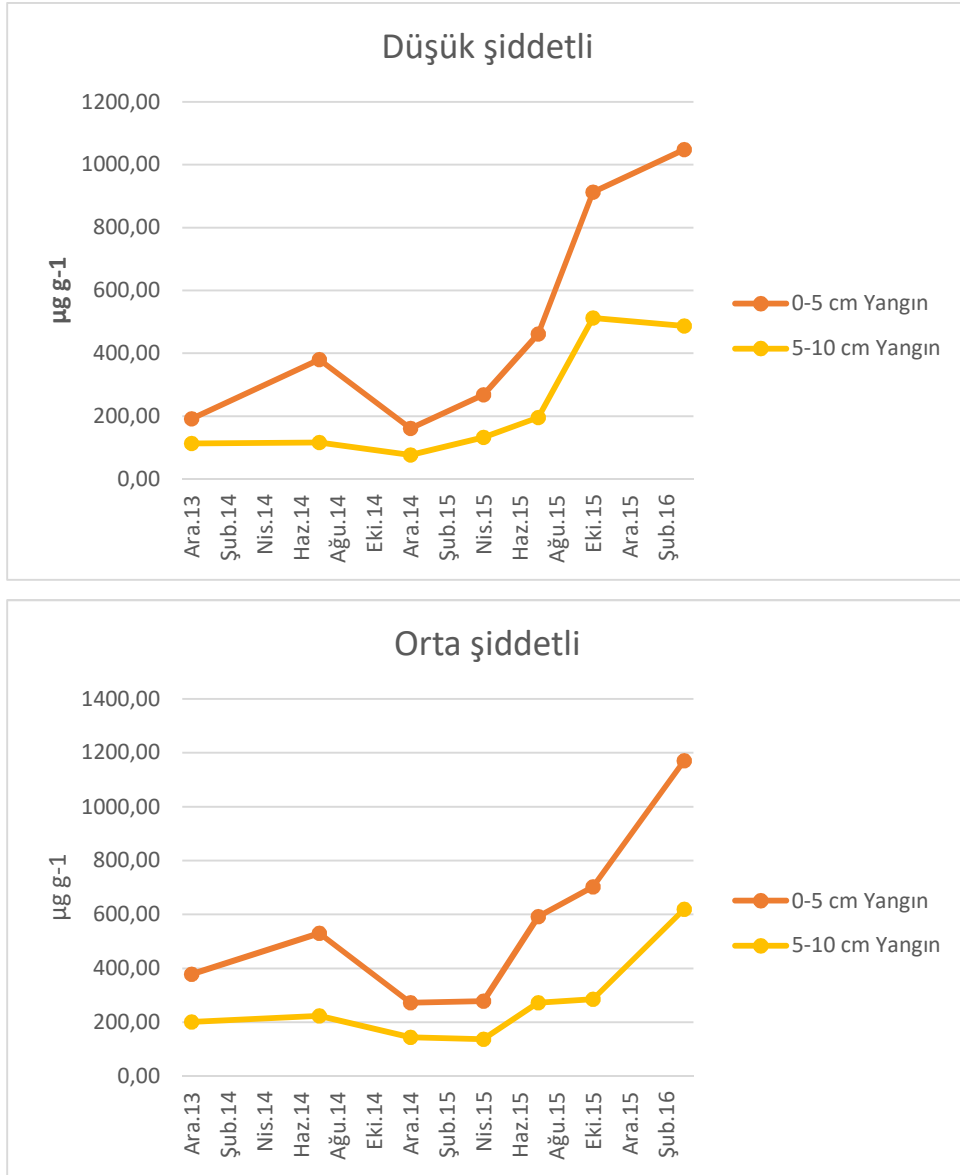
Şekil 51. Mikrobiyal biyokütle azotun (MBN) alt ve üst toprakta yangın ve kontrol sahalarında değişimi

4.5.3 Mikrobiyal biyokütlenin yangın şiddetine göre değişimi

Yangın şiddetinin etkisi düşük şiddetlide daha fazla olmuştur. Ancak yangın sahalarında düşük ve orta şiddetli yangın parsellerindeki MBC ve MBN değerleri arasında anlamlı farklılık çıkmamıştır.

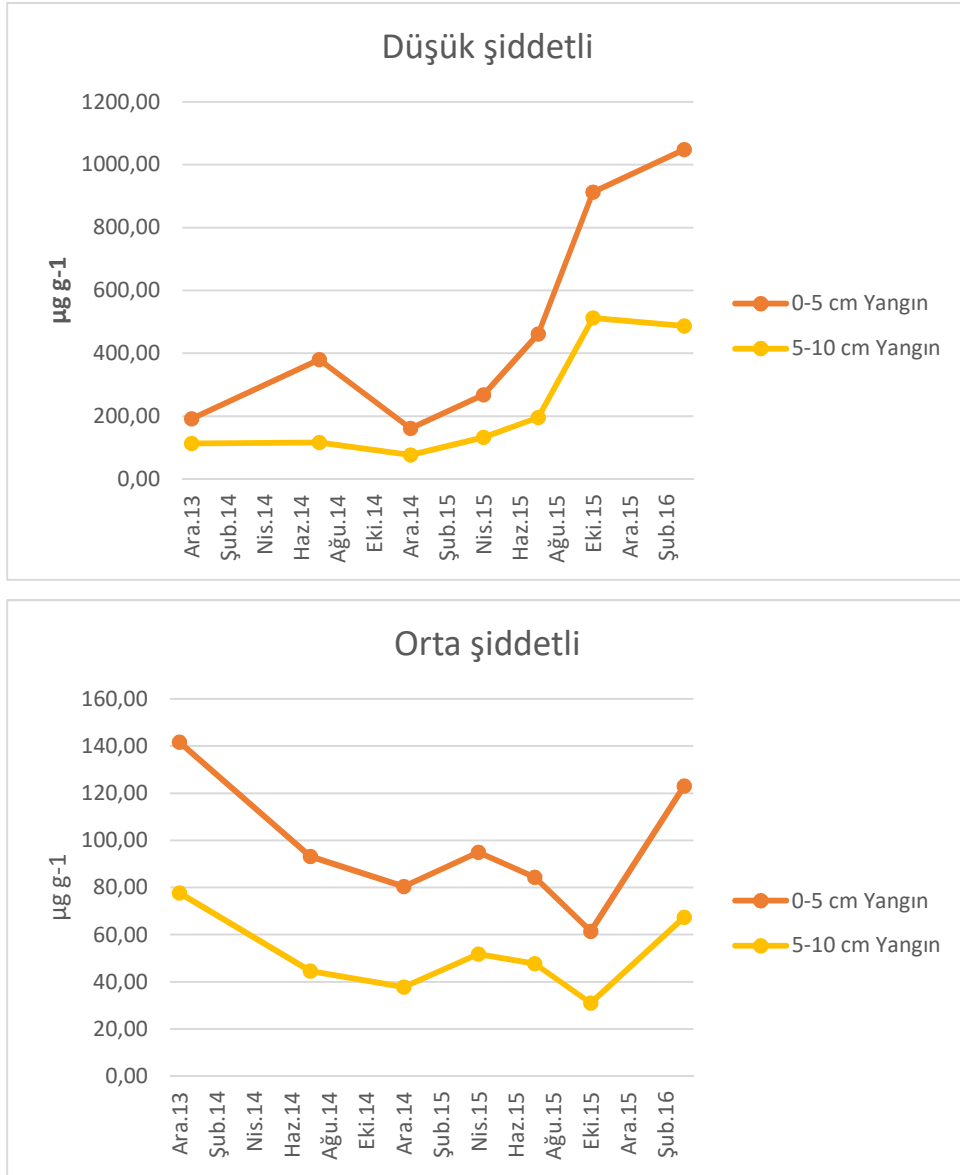


Şekil 52. Mikrobiyal biyokütle karbon (MBC) ve azotun (MBN) alt ve üst toprakta yangın şiddetine göre değişimi



Şekil 53. Mikrobiyal biyokütle karbonun (MBC) alt ve üst toprakta farklı yangın şiddetinde zamansal olarak değişimi

Zamansal olarak yangın şiddetinin etkisine baktığımızda, Nisan 2014 dönemi hariç bütün dönemlerde yangın sahalarında düşük ve orta şiddetli yangın parsellerinin her iki derinlik kademesinde MBC değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu farklılıkta Ekim 2015 dönemi hariç orta şiddetlide daha fazla MBC içeriği bulunmuştur.



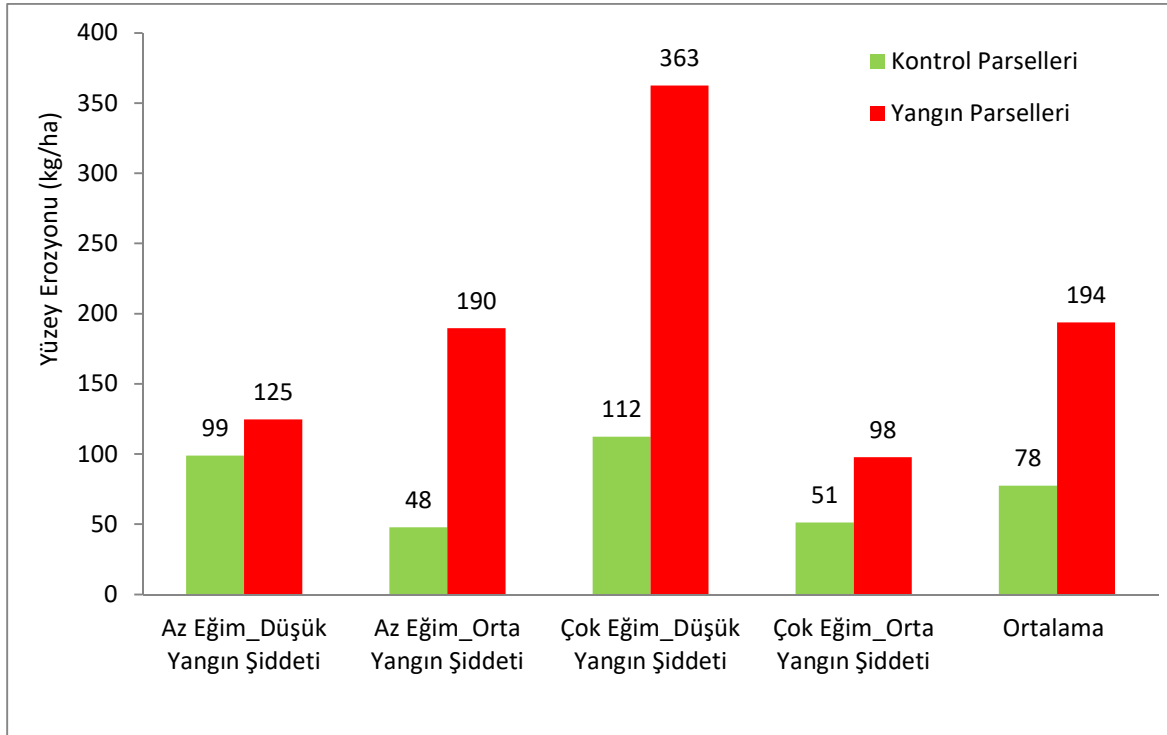
Şekil 54. Mikrobiyal biyokütle azotun (MBN) alt ve üst toprakta farklı yangın şiddetinde zamansal olarak değişimi

Mikrobiyal azota yangın şiddetinin etkisine baktığımızda, Temmuz 2015 döneminde yangın sahalarında düşük ve orta şiddetli yangın parsellerinin her iki derinlik kademesinde MBN değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu farklılıkta orta şiddetlide daha fazla MBN içeriği bulunmuştur

4.6 Erozyon Miktarında Yangın Şiddeti ve Eğime Göre Değişim

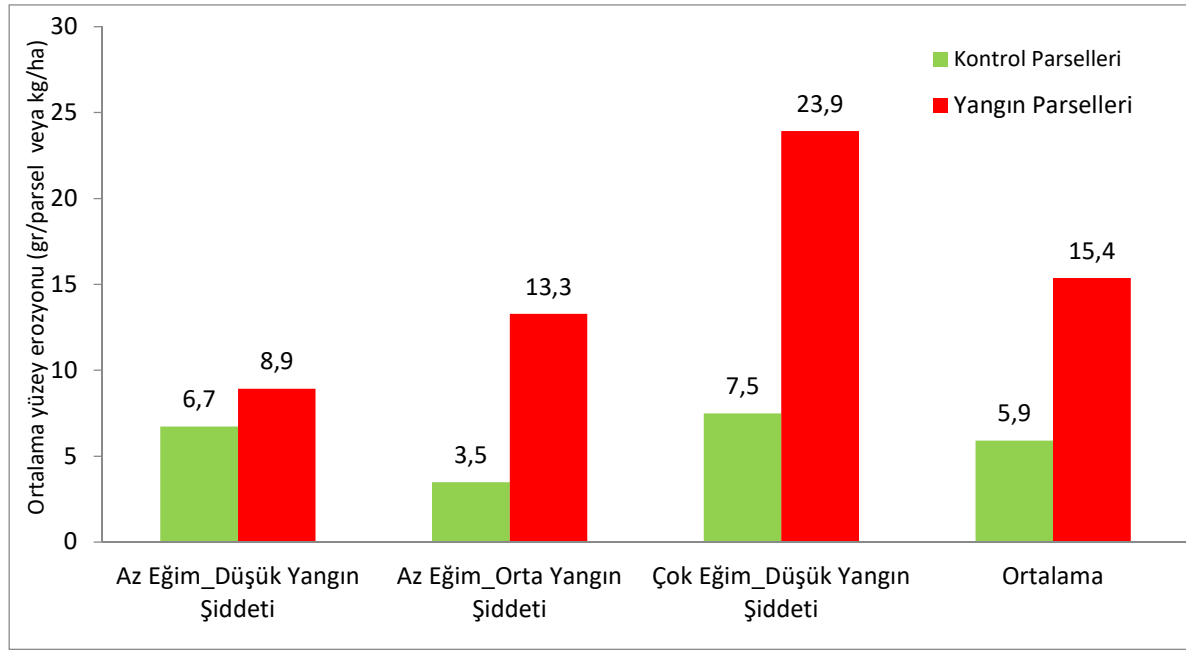
Çalışma periyodunun sonu itibarıyla (32 ay) veriler değerlendirildiğinde, yanmış alanlar/parseller (194 kg/ha) kontrol alanlarına (78 kg/ha) kıyasla yaklaşık iki buçuk kat daha fazla erozyona maruz kalmıştır (Şekil 55). Benzer şekilde Russell-Smith vd. (2006) eğimli Avusturalya savanalarında yapmış oldukları kontrollü yangın çalışmasındaki yangın parsellerinde kontrol parsellerine oranla yaklaşık üç kat daha fazla toprak kaybı olduğunu tespit etmişlerdir.

Deneme alanları içinde çok eğim ve orta yangın şiddetine maruz kalan 4. alan beklentiler dışında çok daha az miktarda erozyona maruz kalmıştır (98 kg/ha; Şekil 55). Bunun en önemli nedenleri ise maalesef bu alanın kaçak kesimlere maruz kalması ve kısmen toprak yapısının biraz daha fazla nem tutabilme özelliğine sahip olmasıdır. Kapalılıktaki azalma ışığın meşcere altına daha fazla girmesi ve çimlenmenin artmasına yol açmıştır, neticesinde erozyondaki artış beklentiler doğrultusunda gerçekleşmemiştir. Bu bağlamda bundan sonraki şekillerde ve açıklamalarda bu alan (çok eğim-orta yangın şiddeti) istatistiki değerlendirmelere tabi tutulmamıştır.



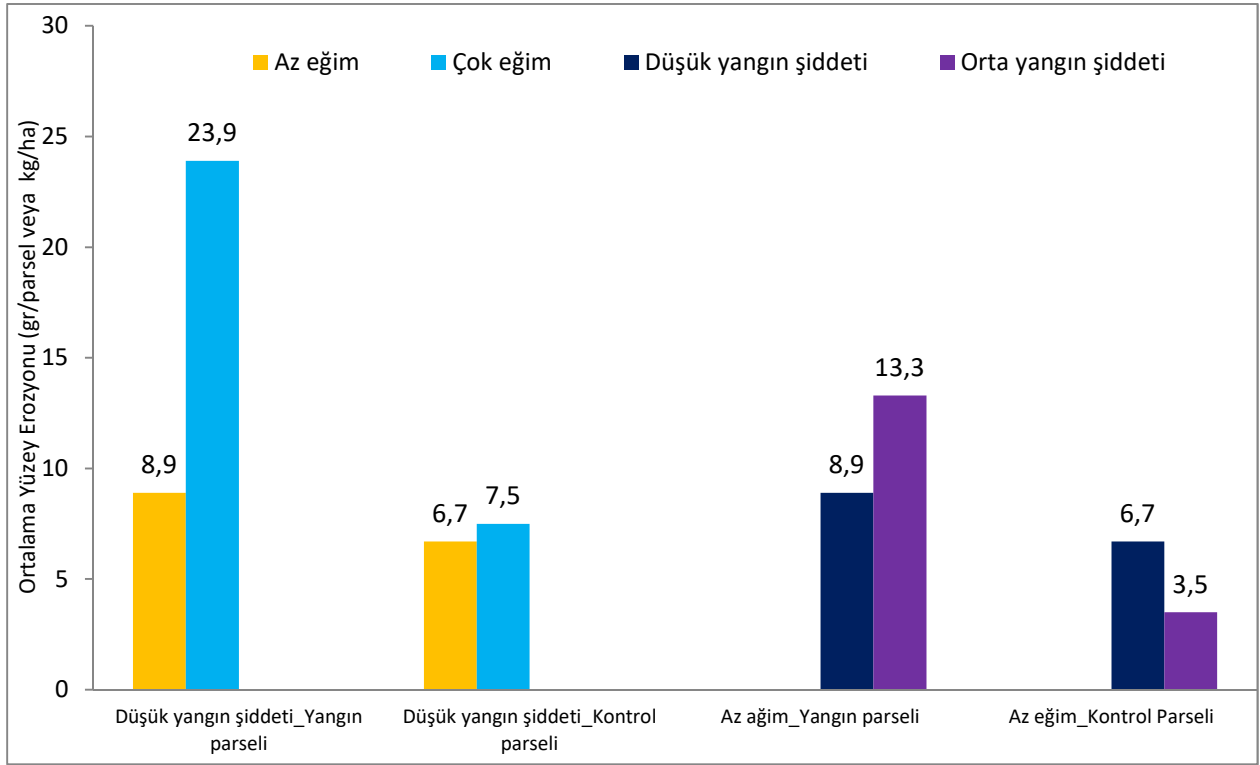
Şekil 55. Deneme alanlarında görülen toplam yüzey toprak erozyonunun yangın ve kontrol sahalarındaki değişimi ve genel ortalamaları

Diğer üç deneme alanı kendi aralarında değerlendirildiğinde, az eğim-düşük yangın şiddetli alan/parseller (8,9 kg/ha) hariç diğer 2 deneme alanındaki, az eğim-orta yangın şiddeti (13,3 kg/ha; $p < 0.05$) ve çok eğim-düşük yangın şiddeti (23,9 kg/ha; $p < 0.05$) yangın parsellerinde oluşan yüzey erozyonu miktarı beklentiler doğrultusunda kontrol parsellerine kıyasla çok daha fazla gerçekleşmiştir (Şekil 56). Buda göstermiştir ki eğim ve yangın şiddetindeki artış özellikle yangın parsellerindeki erozyon miktarını önemli derecelerde artırmaktadır.



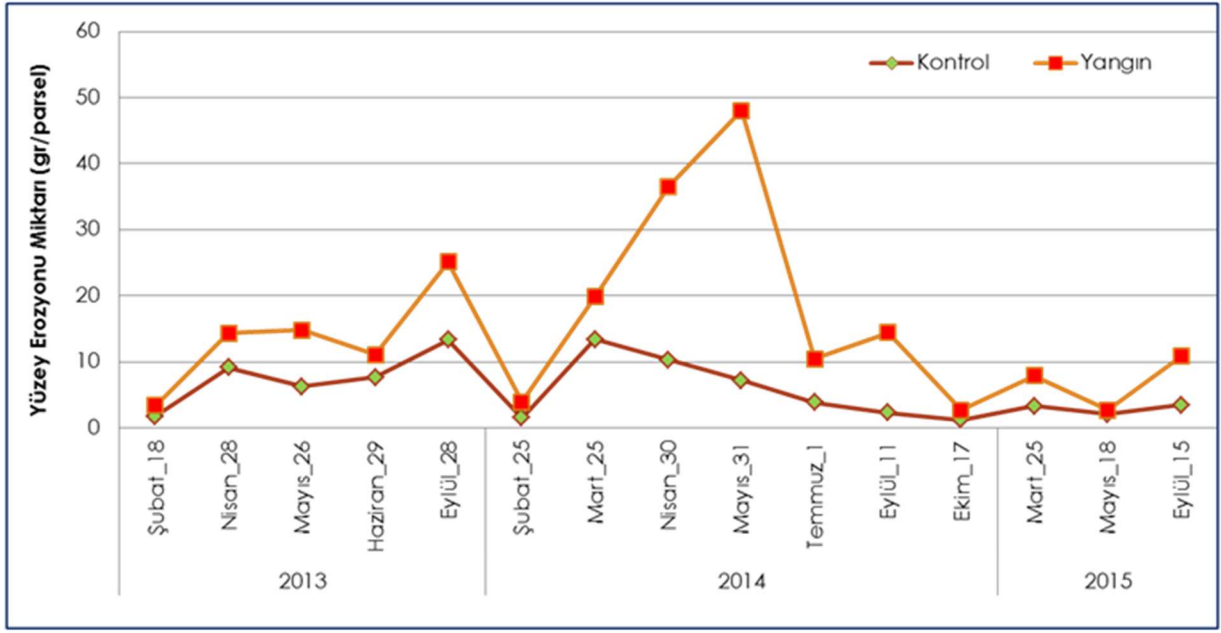
Şekil 56. Deneme alanlarındaki kontrol ve yangın parsellerinde gerçekleşen ortalama yüzey erozyonu miktarları ve aralarındaki farklar (İstatistik analizinde *t-testi* kullanılmıştır, $p < 0.05$).

Düşük yangın şiddetli- yangın parsellerinde ortaya çıkan erozyon eğim derecelerine göre değerlendirildiğinde, çok eğimli parsellerden (23,9 kg/ha) üretilen yüzeysel toprak kaybı az eğimlilere (8,9 kg/ha) oranla çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$; Şekil 57). Aynı deneme alanlarının kontrol parsellerinde (6,7 ve 7,5 kg/ha) bu durum pek farklılık göstermemektedir. Buda göstermektedir ki düşük yangın şiddetlerinde bile eğim derecesindeki artış beraberinde erozyon miktarını da önemli derecelerde artırmaktadır; eğimin erozyon üzerindeki etkisi bitki örtüsü ve/veya ölü örtü miktarıyla direk etkileşim içindedir. Yüzeydeki ve topraktaki organik madde alandan kısmen de olsa uzaklaştırıldığında/azaltıldığında eğimin erozyon üzerindeki etkisi çok daha anlamlı derecelere çıkabilmektedir.

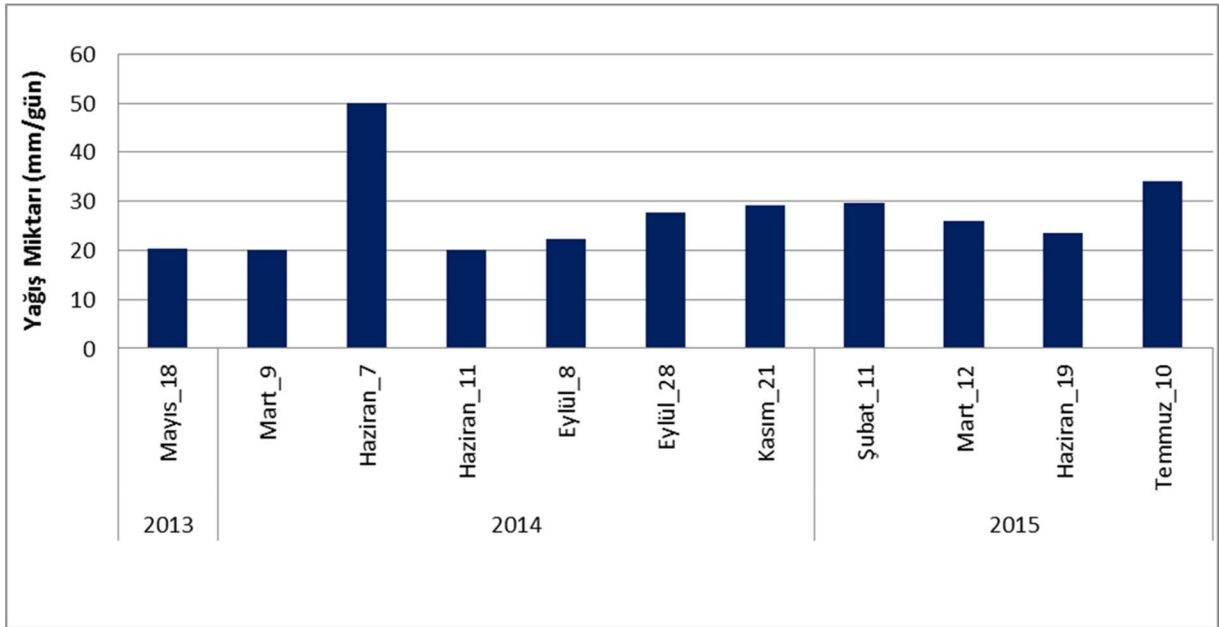


Şekil 57. Deneme alanlarındaki kontrol ve yangın parsellerinde gerçekleşen ortalama yüzey erozyonu miktarları ve aralarındaki farklar; az ve çok eğimli, düşük ve orta yangın şiddetli parsellerde gerçekleşen yüzey erozyonu miktarları aralarındaki farklar(İstatistik analizinde *t-testi* kullanılmıştır, $p < 0.05$).

Bu çalışmanın ilk ve son yıllarında (2013 ve 2015) kontrol ve yangın parsellerinden üretilen toprak kayıpları arasında pek fark olmadığı gözlenmiştir (Şekil 58). Farklı olarak ikinci yılda (2014), özellikle Nisan ve Mayıs aylarında bu durum değişmiştir. Yangın parselleri kontrol parsellerine oranla çok daha fazla erozyon oluşturabilmiştir. Özellikle birinci yılda az ve ikinci yılda daha fazla erozyon oluşturan yangın parsellerindeki bu durum bu yıllar arasındaki yağış farklılığından kaynaklanmaktadır. Birinci yılda toplamda 718 mm, ikinci yılda ise 920 mm yıllık yağış olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan bu toplam yağışlar yüksek enerji üretebilme potansiyeli açısından değerlendirildiğinde, günlük 20 mm ve üzeri gerçekleşen yağışlar sayısı 2013 yılı için 1, 2014 yılı için 6 ve 2015 yılı için 4 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 59).



Şekil 58. Deneme alanlarındaki kontrol ve yangın parsellerinde gerçekleşen yüzey erozyonunun çalışma süresince değişimi



Şekil 59. Çalışma süresinde gerçekleşen toplam 20 mm ve üzeri günlük yağışların sayısı ve yıllara (2013, 2014, 2015) dağılımı.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Orman ekosistemlerinde değışikliğe sebep olan faktörlerden birisi de orman yangınlarıdır. Orman yangınları esnasında orman yanıcı maddelerini oluşturan, orman bitki örtüsüne ait ibre, yaprak, dal, sürgün, tohum, kozalak, canlı ve ölü otlar, fideler, fidanlar, ağaççık ve çalılar, boylu ağaçlar, dikili kuru ve devrikler ile likenler ve yosunların farklı çevresel şartlar altında yanmaları sonucunda oluşan yüksek sıcaklıklar ekosistem üzerinde çok farklı etkiler meydana getirmektedirler. Bu proje kapsamında bu etkilerin bir kısmı incelenmeye çalışılmıştır.

Toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğinde önemli faktörlerden olan strüktür, infiltrasyon ve su kapasitesi yangın gibi toprakta bozulmaya yol açabilen etmenlerden ciddi anlamda etkilenebilir (Powers vd., 1990). Diğer önemli bir faktör olan toprak tekstürü ise agregatların organik madde ve kil mineralleri ile bağlanarak bir araya gelmesine bağlı olduğundan dolayı olarak yangından etkilenebilir (Oswald vd., 1999). Yani organik madde ve kil minerallerinde nitelik veya nicelik itibarıyla –yangın kaynaklı- bir değışim toprağın tekstürünü de etkileyebilir. Ancak yangının etkileşimi olan üst toprakta dolaylı bir etkiye daha çok organik maddenin parçalanması neden olabilir ve OH gruplarının ayrışması için yüksek sıcaklıklar ($>460^{\circ}\text{C}$) gereklidir (Giovannini vd. 1988). Çalışmamızda yanıcı maddenin olduğu yüzey katmanda çok yüksek sıcaklıklar kısa süreli (birkaç dakika) sürmüş ve toprak organik maddesini yakacak dereceler üst toprakta olmamıştır ki; yine bulgularımızda organik maddede azalmada yangının anlamlı etkisi görülmemiştir. Aynı şekilde çalışmamızda kil içeriğine yakmanın anlamlı etkisi görülmemiştir, zira kil minerallerinin yapısının bozulması için toprağın daha yüksek sıcaklıklara ($>500-550^{\circ}\text{C}$) maruz kalması gereklidir (Tan vd., 1986).

Yine benzer şekilde çalışmamızda yangının etkisi ile değışim gözlenmeyen faydalanabilir su kapasitesi, toprağın gözenek dağılımı ve hacmine bağlı bir faktör olduğundan agregatların bağlanmasını etkileyen süreçler de toprağın strüktürünü dolayısı ile su kapasitesini etkilemektedir.

28 aylık çalışma periyodu sonunda genel ortalama olarak topraktaki organik madde miktarı kontrol sahalarında yangın sahalarından daha fazla bulunmuştur. Çalışma alanı topraklarının pH değerleri ise yangın sahalarında kontrol sahalarından daha fazla bulunmuştur. Bu durum yanma ile oluşan küldaki bazik katyonların çokluğu ile açıklanmaktadır. Yağışlarla bu kül toprağa karışmakta ve toprak pH'sında artışlara neden olmaktadır. Benzer sonuçlar Tüfekçioğlu vd. (2010), Ubeda vd. (2005), Mitros vd. (2002), Altun vd. (2004) ve Neal vd. (1965) tarafından da bulunmuştur. Bu değışimde yangın şiddeti bakımından orta şiddetli yangının anlamlı etkisi söz konusudur. Zira kül miktarının artması daha fazla yanıcı madde yanması ile doğrusal ilişkilidir.

Yakmanın organik madde, besin elementleri ve pH üzerindeki etkilerinin anlamlı çıkmamasında etkili olan nedenlerden birinin uygulanan örtü yangını neticesinde yanıcı madde miktarının az olmasından ötürü toprağa olan kül katkısının az olmasıdır. Zira bu etkilerin anlamlı çıkmalarında toprağa eklenen kül miktarı doğrudan belirleyici olmaktadır.

Organik madde içeriğinin yangın ile azalması beklenen bir durumdur. Ancak çalışmamızda organik madde miktarı bir miktar düşmüş ve burada yakmanın anlamlı etkisi olmamıştır. Benzer şekilde bazı çalışmalarda da (Dumontet vd., 1996; Johnson ve Curtis, 2001; Wilson vd., 2002; Knoepp vd., 2004; Tüfekçioğlu vd., 2010) yangının organik karbona anlamlı etkisinin olmadığı bulunmuştur. Hatta Wang vd. (2012) yaptığı bir meta-analiz çalışmasında yangının genelde organik karbonu azalttığı halde, kontrollü yakmanın anlamlı bir etkisi olmadığı bulunmuştur. DeBano (1977) 50°C'den düşük sıcaklıklara maruz 0-5 cm toprakta, toprak organik maddesinin düşük şiddetli yangında etkilenmediğini; orta şiddetli yangında organik madde distilasyonunun başlangıcı olduğunu bulmuştur. Bauhus vd. (1993) yangın şiddeti düşük olduğunda organik madde içeriğinde değişimin çok az olduğunu veya değişkenlik olmadığını belirtmiştir. Çalışmamızda da düşük ve orta şiddetli yangın olmakla beraber yüzeydeki yüksek sıcaklıkların birkaç dakika sürmesi nedeniyle toprak organik maddesinin yakmadan etkilenmediği sanılmaktadır.

Toprak reaksiyonunun yangın sonrası durumu için pH'nın artması beklenir ancak çalışmamızda çok küçük bir oranda artış olmuş ve yangının toprak pH'sına anlamlı etkisi olmamıştır. Sınırlı sayıda çalışma (Dumontet vd., 1996) pH'nın yangın ile değişmediğini ortaya koymuştur. pH'da beklenen artış, yanma ile organik asitlerin yapısı değişmesi ve bazik katyonların açığa çıkması ile olur (Certini, 2005). Dolayısıyla anlamlı artışın meydana gelmesi ancak 450-500°C'den fazla yüksek sıcaklıklarda yanıcı maddenin tamamen yanması ve peşin sıra bazların salınması aynı zamanındadır (Arocena ve Opio, 2003). Çalışmamızda yüzeydeki organik materyal yanmış ve söz konusu sıcaklıklara maruz kalmıştır. Ancak ilk toprak örneklerinin alındığı zamana kadarki süreçte, yağmur suyunun yavaşça toprağa sızmasına yardımcı olan ölü örtü tabakası kalktığından; toprağa eklenen kül yüzeysel akış ile yıkanmış olabilir. Zira geçen süreç çalışma alanının yağışlı periyodu içerisindeydi.

Benzer şekilde mineral elementlerin de artması beklenirken birkaç dönemde azalmış, çalışma genelinde yangın sonrası değişim göstermemiştir. Yukarıda pH için belirttiğimiz süreç, açığa çıkması muhtemel elementleri aynı şekilde etkilemiş olabilir. Adams ve Boyle (1986) yangından üç ay sonrasında, alınabilir Ca, K ve Mg miktarlarının yangın öncesi değerlere geldiğini belirlemiştir. Ayrıca bunların kül içerisinde çözünübilirliği (K çözünübilir, Mg, Fe ve Ca daha zor çözünür) toprak içerisinde bulunma miktarlarını etkileyebilir (Certini, 2005).

Çalışma periyodu sonunda toprak solunumu değerleri genel ortalama olarak, kontrol sahalarında yangın sahaları ile hemen hemen aynı bulunmuştur. Ayrıca uygulanan örtü yangınında yanıcı madde miktarının az olması bu sonuçların elde edilmesinde etkili olmuş olabilir.

Yapılan çalışmalarda yangın sonrası toprak solunumunda, gerek düşüş gerekse artış olsun yakmanın veya yangının anlamlı etkisi söz konusudur. Çalışmamızda en başta solunumun doğrudan ilişkili olduğu toprak sıcaklığı ve nemi durumunda; mikrobiyal aktiviteyi etkileyen pH, organik madde ve mineralleşme durumlarında da anlamlı değişim olmaması, toprak solunumundaki durumu yansıtmaktadır. Mikrobiyal biyokütledeki azalış anlamlı olsa da mikrobiyal faaliyet yangın şiddetinden o derece olumsuz etkilenmemiş olabilir.

Mikrobiyal biyokütle Karbon (MBC) ve Mikrobiyal biyokütle Azot (MBN) değerleri yangın sahalarında daha düşük bulunmuştur. Yakmanın etkisini değerlendirdiğimizde MBC ve MBN üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur. Bu değişimde düşük şiddetli yangının anlamlı etkisi olmuştur.

Çalışmamızda yangının 28 aylık periyodun sonunda mikrobiyal biyokütleyi anlamlı şekilde azaltıcı etkisi ortaya konulmuştur. Benzer şekilde birçok çalışmada MBC (Grady ve Hart, 2006; Waldrop ve Harden, 2006; Rodríguez vd., 2009; Choromonska ve DeLuca, 2001) ve MBN'un (Bauhus vd., 1993; Dumontet vd., 1996) yangın etkisi ile azaldığı belirlenmiştir. Yangınla birlikte oluşan yüksek sıcaklıklar topraktaki mikroorganizmaları öldürür ve mikrobiyal biyokütlenin geri gelmesi yangına maruz topraklardaki koşullara bağlıdır (Díaz-Raviña vd., 1992; Acea ve Carballas, 1996; Pietikäinen vd., 2000; Badía ve Martí, 2003; Guerrero vd., 2005). Mikrobiyal biyokütlenin kontrol değerlerine ulaşabilmesinde, yani geri kolonileşmesi için, metabolize olabilir bileşik olan çözünabilir karbon bileşikleri önemli rol oynamaktadırlar (Mataix-Solera vd., 2009). Bunlar mikroorganizmaların özellikle heterotrof bakterilerin hızla artmasına imkan sağlamaktadır (Grasso vd., 1996; Badía ve Martí, 2003; Guerrero vd., 2005). Ancak bu bileşiklerin yangın sonrası ortama gelmesi organik kısmın yanma ile parçalanmasına paralel olduğundan, çalışmamızda yakma ile organik maddede önemli anlamda değişim olmadığından söz konusu faydalı etki olmadığı ve mikrobiyal biyokütlenin düşük kaldığı sanılmaktadır. Alınabilir karbon temininin sınırlandırılmasından (Bauhus vd., 1993) başka fungal gelişimi durduran kimyasalların yangın sonrası salınması (Díaz-Raviña vd., 1996) sonucu mikrobiyal karbonun gelişiminin bastırıldığı ortaya konulmuştur (Vázquez vd., 1993; Prieto-Fernández vd., 1998). Fritze vd. (1993) 12-15 yıl sonra ancak alana geri gelen mikrobiyal biyokütlenin fungal biyokütle ile ilişkili olduğunu belirlemiştir. Zira mantarların kolonileşmesi daima yavaştır ve selüloz gibi organik kısımların değişimine bağlıdır.

Çalışmamızda 28 aylık dönem sonunda, Azot mineralleşmesi üst toprakta yangın sahalarında kontrol sahalarından daha fazla bulunmuştur. Ancak bu değişimde yakmanın etkisi toplam amonyum mineralleşmesinde istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Nitrat mineralleşmesi ve toplam mineralleşme anlamlı şekilde artmış ve bu değişimde düşük şiddetli yangının etkisi olmuştur.

Yangının mineralleşmeye anlamlı bir etkisi olduğu birçok çalışmada ortaya konulmuş ve az sayıda çalışma (Bauhus vd., 1993; Monleon vd., 1997) yangın ile mineralleşmede anlamlı değişim olmadığını ortaya koymuştur. Choromonska ve DeLuca (2002) NO₃ buharlaşması için yüksek sıcaklıkların gerektiğini belirtmişlerdir. Choromonska ve DeLuca (2001) nitrat azotunda kontrollü yakma sonrası 2 yıllık süreçte yaptığı ölçümlerde kontrol değerlerine göre anlamlı bir farklılık olmadığını bulmuştur. Palese vd. (2004) deneme yangını yaptıkları çalışmada 18 ay sonrasında bazı sahalarda kontrol değerleri ile benzer mineralleşme miktarı bulmuşlardır.

Sonuç olarak bu çalışmada kontrollü yakma uygulaması sonrasında 28 aylık süreçte fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri bir veya birkaç dönemde anlamlı etkilenecek bu etkileşimde azalmış ve genel anlamda söz konusu yangının fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerine etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır. Çevresel etmenlere hassas olan mikrobiyal biyokütlenin olumsuz etkilendiği sonucu ortaya çıkmış ve diğer toprak özelliklerinin optimum olması nedeniyle birkaç yılda kolonileşmenin kontrol alanı düzeyine ulaşabileceği sanılmaktadır. Bu nedeninin yangının şiddetinin veya maruz kalınan sıcaklık seviye ve sürelerinin toprakta bazı kimyasal özelliklere etki etmemesi dolayısı ile diğer özellikleri de tahrik etmemesi olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın diğer bir amacı karaçam meşçerelerinde kontrollü örtü yangın sonrası ortaya çıkan yüzey erozyon miktarının eğim derecesi ve yangın şiddetine bağlı olarak değişimini 5x2 m ebatlarındaki erozyon parselleriyle ortaya koymaktır. Bu bağlamda ortaya çıkan erozyon miktarının kontrollü yangın uygulamalarında ortaya koyduğu risk faktörünün değerlendirilmesidir. Nitekim kontrollü yangınlarla birlikte doğal gençleştirmede büyük başarılar elde edilebileceği gibi mevcut yanıcı madde miktarının azaltılması ile büyük yangın tehlikesi de düşürülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde bu çalışmada yangın parsellerinde meydana gelen erozyon miktarının (194 kg/ha) çok büyük bir değer olmadığı gözlenmektedir. Bu değer az çıkmasındaki en önemli faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz; çalışmanın ilk yılında düşük yıllık yağış (718 mm) ikinci ve üçüncü yıllarında daha yüksek yıllık yağış (920 ve 918 mm), toprak yapısının kumlu oluşu, tepe kapallılığının etkisi ve doğal olarak örtü yangını etkisinin az oluşu. Mevcut literatüre bakıldığında küçük ölçekli (small-plots scale) çalışmalarda yangın

parsellerinden üretilen toprak miktarı/kaybı kontrol parsellerine oranla 2 ila 40 kat arasında değişmekte, büyük ölçekli (large scale to hillslope) çalışmalarda 100 kattan daha fazla olabileceği tespit edilmiştir (Williams vd., 2014).

Az eğimli-yangın parsellerinde ortaya çıkan erozyon yangın şiddetine göre değerlendirildiğinde, düşük (8,9 kg/ha) ve orta (13,3 kg/ha) yangın şiddetinin erozyon üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir (Şekil 57). Diğer bir ifadeyle özellikle düşük eğimli alanlarda yangın şiddetindeki farklılık (düşük ve orta şiddetli) erozyon üzerinde anlamlı bir etki oluşturmamaktadır. Bu da göstermektedir ki, “yağış” gibi “eğim” de erozyon oluşumunda en önemli ve etkin faktörlerden biridir. Benzer şekilde Cawson vd. (2013) yapmış oldukları kontrollü yangın çalışmasında, düşük ve yüksek yangın şiddetine maruz kalan alanlarda erozyon açısından anlamlı bir fark olmadığını tespit etmişlerdir. Kutiel ve Inbar (1993) tarafından yapılan diğer bir çalışmada düşük ve orta derecede etkiye sahip yangınların erozyon üzerinde çok anlamlı bir etki oluşturmadığını aksine bu durumun toprak verimliliği üzerinde pozitif bir etki oluşturduğu ortaya konulmuştur. Az eğimli düşük yangın şiddeti (6, 7 kg/ha) ve orta yangın şiddetine maruz (3,5 kg/ha) deneme alanlarının kontrol parsellerinde oluşan erozyon miktarları arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Şekil 57; $p < 0,05$). Normalde bu iki alanda benzer durum/tepki göstermesi gerekirken tersi bir durum oluşmuştur. Bu durum her iki alandaki kontrol parsellerinin karakteristik özellikleri ile açıklanabilir. Bunlar; ölü örtü kalınlıkları arasındaki farklılık ve bunun erozyon üzerindeki etkisi, parseller üzerindeki tepe kapallılığı ve kısmen toprak yapısındaki lokal farklılıklar olarak sıralayabiliriz.

Slesak vd. (2015) yapmış oldukları çalışmada benzer şekilde ikinci yılda erozyonda artış tespit etmişlerdir ve bu artışın yağıştaki artış ve ayrıca yüksek şiddetteki yağışlarla doğrudan etkileşim içinde olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmanın üçüncü yılında yangın ve kontrol parsellerindeki erozyon farkı minimum düzeye inmiştir (Şekil 58). Arazi gözlemleri göstermiştir ki toprak üstü organik maddedeki birikim ve kısmen de olsa ikinci yıldan sonraki çimlenme erozyon miktarının azalmasına etki eden en önemli iki faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Yapılan bir çok çalışmada da ilk iki yıldan sonra genellikle yüzey toprak erozyonunda ciddi anlamda azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Sheridan vd., 2007; Wittenberg ve Inbar, 2009; Fernandez ve Vega, 2016).

Eğim ve yangın şiddeti erozyon üzerinde etkin rol oynayabilmektedir. Bu etkin rolü oluşturan etmenler (şiddet-eğim) bir biriyle etkileşim içinde olup iklimsel faktörlerin etkisiyle erozyon üzerinde çok farklı etkiler gösterebilmektedir. Düşük eğimli alanlarda (%5-10) yangın şiddetinin erozyona etkisi çok fazla olmamakla birlikte eğimin artışıyla birlikte (%60-65) düşük yangın şiddetine maruz alanlarda bile çok anlamlı erozyon değerlerine ulaşılabilir. Bu bağlamda eğim faktörü erozyon oluşumunda çok önemli kilit bir faktördür. Bu çalışmadaki

deneme alanlarında ortaya çıkan toplam erozyon miktarları literatürdeki diğer çalışmalara kıyasla çok düşük oranlarda gerçekleşmiştir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde kontrollü yangınların, uygun yanma şartlarında doğal gençleştirme ve yanıcı madde miktarının azaltılması uygulamalarında kullanılacak iyi bir araç olabileceğini söylemek mümkündür. Yanma şartlarının ve yanıcı madde yapısının daha tehlikeli ve dolayısıyla yangın şiddetinin daha yüksek olacağı alanlarda yapılacak benzer kontrollü yakma çalışmalarıyla yangının ekosistem üzerindeki etkileri daha fazla tespit edilebilecektir. Bu çalışma benzer çalışmaların yapılmasına bir teşvik ve bir başlangıç olması açısından önemlidir. Yapılacak yeni çalışmalarla hem ülkemiz ormancılığına hem de bilim dünyasına önemli katkılar sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

Acea, M. J., Carballas T. 1996. "Changes in physiological groups of microorganisms in soil following wildfire", FEMS Microbiology Ecology, 20, 33-39.

Adams, P. W., Boyle J. R. 1980. "Effects of fire on soil nutrients in clearcut and whole-tree harvest sites in Central Michigan", Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 847-850.

Ahlgren, I.F. 1974. "The Effect of Fire on Soil Organisms. Fire and Ecosystems", Academic press, Inc. New York, 47-72.

Altun, L., Bilgili E., Saglam B., Kucuk O., Yilmaz M., Tufekcioglu A. 2004. "Soil organic matter, soil pH and soil nutrient dynamics in forest stands after fire". In: Proceedings Book of International Soil Congress (ISC) on "Natural Resource Management for Sustainable Development", June 7-10, 2004, Erzurum/Turkey, 67-73.

Anderson, T. H, 2003. "Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality", Agric. Ecosyst. Environ., 98, 285-293.

Anderson, J. A., Ingram J. S. I., 1993. Tropical soil biology and fertility A Handbook of Methods. CAB, International, Wallingford, Oxon, UK

Arocena, J. M., Opio C. 2003. "Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils", Geoderma, 113, 1-16.

Badía, D., Martí C. 2003. "Effect of simulated fire on organic matter and selected microbiological properties of two contrasting soils". *Arid Land Research and Management*, 17, 55-69.

Bauhus, J., Khan P. K., Raison R. J. 1993. "The effect of fire on carbon and nitrogen mineralization and nitrification in an Australian forest soil", *Aust. J. Soil Res.*, 31, 621–639.

Bremner, J.M., D.R. Keeney. (1965). *Steam Distillation Methods For Determination Of Ammonium, Nitrate And Nitrite*. *Analalytica Chemica Acta* 32: 485-495

Brookes, P. C., Landman A., Pruden G., Jenkinson D.S. 1985. "Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil", *Soil Biology and Biochemistry*, 17, 6, 837–842

Byram GM (1959). *Combustion of forest fuels*. In: Brown KP (ed) *Forest fire: control and use*. McGraw-Hill, New York, p 584

Cawson, J. G., Sheridan G. J., Smith H. G., Lane P. N. J. 2013. "Effects of fire severity and burn patchiness on hillslope-scale surface runoff, erosion and hydrology connectivity in a prescribed burn", *Forest Ecology and Management*, 310, 219-233.

Certini, G. 2005. "Effects of fire on properties of forest soils: A review". *Oecologia*, 143, 1-10.

Choromanska, U., DeLuca T.H. 2001. "Prescribed fire alters the impact of wildfire on soil biochemical properties in a ponderosa pine forest", *Soil Science Society of America Journal*, 65, 232–238.

Choromanska, U., DeLuca T. H. 2002. "Microbial activity and nitrogen mineralization in forest mineral soils following heating: evaluation of post-fire effects". *Soil Biol. Biochem.*, 34, 263–271.

Cooper, R. W. 1971. "Current use and place of prescribed burning. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, 1971", *Prescribed Burning Symposium proceedings*, 160 pp. Asheville, N.C.: Southeastern Forest Experiment Station, 21-33.

Çepel, N., 1988. "Orman Ekolojisi". İ.Ü. Orman Fakülteleri Yayınları No:287, İstanbul

DeBano, L. F., Dunn P. H., Conrad C. E. 1977. "Fire's effect on physical and chemical properties of chaparral soils", In: Mooney, H. A., Conrad C.E. (Technical Coordinators), *Proceedings of the Symposium on the Environmental Consequences of Fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystems*, August 4-5, 1988, Palo Alto, CA. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-3, Washington, D.C, 65-74.

- DeLuca, T. H., Nilsson M. C., Zackrisson O. 2002. "Nitrogen mineralization and phenol accumulation along a fire chronosequence in northern Sweden", *Oecologia*, 133, 206–214.
- Díaz-Raviña, M., Prieto A., Acea M. J., Carballas T. 1992. "Fumigation–extraction method to estimate microbial biomass in heated soils", *Soil Biology & Biochemistry*, 24, 259-264.
- Díaz-Raviña, M., Prieto A., Bååth E. 1996. "Bacterial activity in a forest soil after heating and organic amendments measured by thymidine and leucine incorporation techniques", *Soil Biology & Biochemistry*, 28, 419-426.
- Dumontet, S., Diné H., Scopa A., Mazzatura A., Saracino A. 1996. "Post-fire soil microbial biomass and nutrient content of a pine forest soil from a dunal Mediterranean environment", *Soil Biol. Biochem.*, 28, 1467–1475.
- Ekinci, H. 2006. "Effect Of Forest Fire On Some Physical, Chemical And Biological Properties Of Soil İn Çanakkale, Turkey". *International Journal Of Agriculture & Biology*, 1560,102–106.
- Elwell, D. H. A., Fenton F. A. 1941. "The effects of burning pasture and woodland vegetation", *Bull. Ikao Agric. Exp. Sta.*, 3, 247.
- Eron, Z., Gürbüz E. 1988."Marmaris 1979 yılı orman yangını ile toprak özelliklerinin değişimi ve kızılçam gençliğinin gelişimi arasındaki ilişkiler", *OAE Teknik Bülten No: 195*, Ankara, 50.
- Fernandez, C., Vega J. A. 2016. "Are erosion barriers and straw mulching effective for controlling soil erosion after a high severity wildfire in NW Spain" *Ecological Engineering*, 87, 132-138.
- Fritze, H., Pennanen T., Pietikäinen J. 1993. "Recovery of soil microbial biomass and activity from prescribed burning", *Canadian Journal of Forest Research*, 23, 1286-1290.
- Gerlach, A. 1973. "Methodische Untersuchungen Zur Bestimmung Der Stickstoffnetto Mineralisation", *Scr. Geobot*, 5
- Giovannini, G., Lucchesi S., Giachetti M., 1988. "Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility", *Soil Sci.*, 146, 255-262.
- Grady, K. C., Hart S. C., 2006. "Influences of thinning, prescribed burning, and wildfire on soil processes and properties in southwestern ponderosa pine forests: a retrospective study" *Forest Ecology and Management*, 234, 123–135.
- Grasso, G. M., Ripabelli G., Sammarco M. L., Mazzoleni S. 1996. "Effects of heating on the microbial populations of a grassland soil" *International Journal of Wildland Fire*, 6, 67-70.

Guerrero, C., Mataix-Solera J., Gómez I., García-Orenes F., Jordán M. M. 2005. "Microbial recolonization and chemical changes in a soil heated at different temperatures" *International Journal of Wildland Fire*, 14, 385-400.

Güleryüz, G. 1992. Uludağ Alpin Zonu Bazı Bitki Topluluklarında Besin Maddesi Dolaşımı Ve Verimlilik Üzerinde Araştırmalar.

Gülcur, F. 1974. Toprağın Fiziksel Ve Kimyasal Analiz Metodları. İ.Ü.Orman Fakültesi Yayın No:201

Günay, T., 1986. Orman Yangınlarının Orman Toprakları ve Orman Ekosistemleri Üzerine Etkileri. Eskişehir. 21.

Hart, S. C., DeLuca T. H., Newman G. S., MacKenzie D. M., Boyle S. I. 2005. "Post-fire vegetative dynamics as drivers of microbial community structure and function in forest soils", *For. Ecol. Manage*, 220, 166–184.

Hernández, T., García C., Reinhardt I. 1997. "Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils", *Biology and Fertility of Soils*, 25, 109–116.

Hobbs, N. T., Schimel D. S. 1984. "Fire Effects on Nitrogen Mineralization and Fixation in Mountain Shrub and Grassland Communities", *J.of Range Manag.*, 37(5), 402-405.

Ilstedt, U., Giesler R., Nordgren A., Malmer A. 2003. "Changes in soil chemical and microbial properties after a wildfire in a tropical rainforest in Sabah, Malaysia", *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 1071–1078.

Johnson, D. W., Curtis P. S. 2001. "Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis". *Forest Ecology and Management*, 140, 227–238.

Kalra, Y. P., Maynard D. G. 1991. *Methods Manual For Forest Soil And Plant Analysis*. Forestry Canada Northern Forestry Publication.

Kantarıcı, M. D. 1986. Parlakdağ, S., "Pehlivan, N.. Sedir ormanlarının gençleştirilmesinde yangın kültürü ve ekolojik yorumu", *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*.

Kara, Ö., Bolat İ. 2009. "Short term effects of wildfire on microbial biomass and abundance in black pine plantation soils in Turkey", *Ecological Indicators*, 9, 1151-1155.

Kittredge, J. 1938. "Comparative infiltration in the forest and open", *J. For.*, 36, 1156-1157.

Knoepp, J. D., Vose J. M., Swank W. T. 2004. "Long-term soil responses to site preparation burning in the southern Appalachians", *Forest Science*, 50, 540–550.

Kutiel, P., Inbar M. 1993. "Fire impacts on soil nutrients and soil erosion in a Mediterranean pine forest plantation", *Catena*, 20(1-2), 129-139.

Lal, R. (Editor), 1993. *Soil Tillage for Agricultural Sustainability*. Proc. 12th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org. (ISTRO), 8-12 July 1991, Ibadan, Nigeria, Part I. *Soil Tillage Res.*, Vol. 20, Nos. 2-4 (Special Issue), pp. 133-382.

Mataix-Solera J., Guerrero C., García-Orenes F., Bárcenas G. M., Torres M. P. 2009. "Forest Fire Effects on Soil Microbiology", *Land Reconstruction and Management* (Ed: Haigh, M. J.) series, *Fire Effects on Soils and Restoration Strategies* (Ed: Cerda, A., Robichaud P.R.), 5, 133-175.

Meginnis, H. G. 1935. "Influence of forest litter on surface run-off and soil erosion", *Amer. Soil Surv. Assn. Bull.*, 16, 115-118.

Mitros, C., McIntyre S., Moscato-goodpaster B. 2002. "Annual burning affects soil pH and total nitrogen content in the cera oak woodlands", *Tillers*, 3, 29-32.

Monleon, V. J., Choromack K., Landsberg J. D. 1997. "Short- and long-term effects of prescribed underburning on nitrogen availability in ponderosa pine stands in central Oregon", *Can. J. For. Res.*, 27, 369–378.

Neal, J., Wright L., Bollen W. B. 1965. "Burning Douglas – Fir slash; physical, chemical and microbial effects in the soil". *Forest Research Laboratory, Research Paper No. 1 Oregon State University Corvallis-USA*.

Neyişçi, T. 1989. "Kızılçam Orman Ekosistemlerinde Denetimli Yakmanın Toprak Kimyasal Özellikleri Ve Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri", *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi*, No: 205.

Okatan, A. 1987. *Trabzon Meryemana Deresi Yağış Havzası Alpin Meralarının Bazı Fiziksel ve Hidrolojik Toprak özellikleri ile Vejetasyon Yapısı Üzerine Araştırmalar*. Doktora Tezi. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Yayın No:664, Seri No:62, Ankara, 290 s.

Oswald, B. P., Davenport D., Neuenschwander L. F. 1999. "Effects of slash pile burning on the physical and chemical soil properties of Vassar soils", *J. Sustainable For.*, 8, 75–86.

Öztürk, M., Pirdal M., Özdemir F. 1997. *Bitki Ekolojisi Uygulamaları*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No:157, Bornova İzmir.

Özyuvacı, N. 1978. Kocaeli Yarımadası topraklarında erozyon eğiliminin hidrolojik toprak özelliklerine bağlı olarak değişimi. İstanbul Üniversitesi Orman fakültesi .Orman Fakültesi yayın no:233

Palese, A. M., Giovannini G., Lucchesi S., Dumontet S., Perucci P. 2004. "Effect of fire on soil C, N and microbial biomass", *Agronomie*, 24, 47–53.

Pietikäinen, J., Fritze H., 1995. "Clear-cutting and prescribed burning in coniferous forest: Comparison of effects on soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification", *Soil Biology and Biochemistry*, 27-1, 101–109.

Pietikäinen, J., Hiukka R., Fritze H. 2000. "Does short-term heating of forest humus change its properties as a substrate for microbes?" *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 277-288.

Powers, R. F., Alban D. H., Miller R. E., Tiarks A. E., Wells C. G., Avers P. E., Cline R. G., Fitzgerald R. O., Loftus N. S., 1990. "Sustaining site productivity in North American forests: problems and prospects", In: Gessel, S. A., Lacate D. S., Weetman G. F., Powers R. F. (Eds.), *Sustained Productivity of Forest Soils, Proceedings of the 7th North Am. For. Soils Conf.*, Vancouver, B.C., July 1988, Univ. of British Columbia, Vancouver, 49-79.

Prieto-Fernández, A., Acea M. J., Carballas T. 1998. "Soil microbial and extractable C and N after wildfire", *Biology and Fertility of Soils*, 27, 132-142.

Raich, J. W., Tufekcioğlu A. 2000. "Vegetation and soil respiration: Correlation and Controls". *Biogeochem.*, 48(1), 71-90

Rodríguez, A., Durán J., Fernández-Palacios J. M., Gallardo A. 2009. "Short-term wildfire effects on the spatial pattern and scale of labile organic-N and inorganic-N and P pools", *Forest Ecology and Management*, 257, 739–746.

Russell-Smith, J., Yates C., Lynch B., 2006. "Fire regimes and soil erosion in north Australian hilly savannas. *International Journal of Wildland Fire*", 15, 551-556.

Sheridan, G. J., Lane P. N. J., Noske P. J. 2007. "Quantification of hillslope runoff and erosion processes before and after wildfire in a wet *Eucalyptus* forest", *Journal of Hydrology*, 343, 12-28.

Slesak, R. A., Schoenholtz S. H., Evans D. 2015. "Hillslope erosion two and three years after wildfire, skyline salvage logging, and site preparation in southern Oregon, USA", *Forest Ecology and Management*, 342, 1-7.

- Stone, E. L. 1971. "Effect of prescribed burning on long term productivity of Coastal Plain soils", Proc. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, 1971. Prescribed burning Symposium proceedings. 160 pp. Asheville, N.C., 115-138.
- Tan, K. H., Hajek B.F., Barshad I. 1986. "Thermal analysis techniques". In: Klute A., (ed) Methods of soil analysis, 1. Physical and mineralogical methods American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, 151–183
- Tüfekçioğlu, A., Raich J. W., Isenhardt T. M., Schultz R. C. 1999. "Fine root dynamics coarse root biomass, root distribution, and soil respiration in a multi species riparian buffer in Central Iowa, USA". *Agroforestry Systems*, 44, 193-174.
- Tüfekcioglu, A., Kucuk M., Saglam B., Bilgili E. and Altun L. 2010a. "Soil properties and root biomass responses to prescribed burning in young corsican pine (*Pinus nigra* Arn.) stands" *Journal of Environmental Biology*, 31, 369-373
- Tufekcioglu, A., Kucuk M., Saglam B., Bilgili E., Altun L. 2010b. "Soil respiration and root biomass responses to burning in calabrian pine(*Pinus brutia*.) stands in Edirne, Turkey", *J. Environ. Biol.*, 31, 15-19.
- Tüfekçioğlu, A., Raich J. W., Isenhardt T. M., Schultz R. C. 2001. "Soil respiration within riparian buffers and adjacent crop fields", *Plant and Soil*, 229, 117-124
- Ubeda, X., Lorca M., Outeiro L. R., Bernia S., Castellnou M. 2005. "Effects of prescribed fire on soil quality in mediterranean grassland (Prades Mountains, North-east Spain)". *Int. J. Wildland Fire*, 14, 379-384.
- Vance, E. D., Brookes P. C., Jenkinson D. S., 1987. "An extraction method for measuring soil microbial biomass C", *Soil Biology and Biochemistry*, 19(6), 703–707
- Vázquez, F .J., Acea M. C., Carballas T. 1993. "Soil microbial populations after wildfire", *FEMS Microbiology Ecology*, 13, 93-104.
- Waldrop, M. P., Harden J. W. 2008. "Interactive effects of wildfire and permafrost on microbial communities and soil processes in an Alaskan black spruce forest", *Global Change Biology*, 14, 2591–2602.
- Wan, S., Hui D., Luo Y. 2001. "Fire effects on nitrogen pools and dynamics in terrestrial ecosystems: a meta-analysis" *Ecological Applications*, 11, 1349–1365.

Wang, Q. K., Zhong M. C., Wang S. L. 2012. "A meta-analysis on the response of microbial biomass, dissolved organic matter, respiration, and N mineralization in mineral soil to fire in forest ecosystems", *For. Ecol. Manag.*, 271, 91–97.

Williams, C. J., Pierson F. B., Robichaud P. R., Boll J. 2014. "Hydrologic and erosion responses to wildfire along the rangeland-xeric forest continuum in the western US: a review and model of hydrologic vulnerability", *International Journal of Wildland Fire*, 23(2), 155-172.

Wilson, C. A., Mitchell R. J., Boring L. R., Hendricks J. J. 2002. "Soil nitrogen Dynamics in a fire-maintained forest ecosystem-results over a 3-year burn interval" *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 679–689.

Wittenberg, L., Inbar M. 2009. "The role of fire disturbance on runoff and erosion processes – a long-term approach, Mt. Carmel Case Study, Israel", *Geographical Research*, 47(1), 46-56.

Wüthrich, C., Schaub D., Weber M., Marxer P., Conedera M. 2002. "Soil respiration and soil microbial biomass after fire in a sweet chestnut forest in southern Switzerland" *Catena*, 48, 201– 215.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. BÜLENT SAĞLAM
Proje No:	213O193
Proje Başlığı:	Yaşlı Karaçam Meşcerelerinde Farklı Şiddetlerdeki Örtü Yangınlarının Erozyon, Toprak Solunumu, Azot Mineralizasyonu Ve Mikrobiyal Biyokütle İle Diğer Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	36
Araştırmacılar:	MİHTAT ATEŞ, AYDIN TÜFEKÇİOĞLU, MUSTAFA TÜFEKÇİOĞLU, MEHMET KÜÇÜK
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ARTVİN ÇORUH Ü.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/04/2014 - 01/04/2017
Onaylanan Bütçe:	278450.0
Harcanan Bütçe:	208792.55

Öz:	Bu çalışmada, orman yangınlarının azot mineralizasyonu, mikrobiyal biyokütle, toprak solunumu, bazı toprak özellikleri, yüzeyel akış, taşınan sediment miktarı ve erodibilite üzerine etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bunun için Osmancık Orman İşletme Şefliği sınırlarındaki yaşlı karaçam meşcerelerinde, düz ve eğimli alanlarda, düşük ve orta şiddetli kontrollü deneme yangınları yapılmıştır. Deneme yangınları yapılan sahalardan 12 ve bitişindeki kontrol alanlarından 12 adet olmak üzere toplam 24 adet deneme alanı alınmıştır. Toprak özelliklerini belirlemek için her bir deneme alanından iki farklı noktadan 3 aylık dönemlerle 0-5 cm ve 5-15 cm derinliklerden örnekler alınmıştır. Alınan örnekler üzerinde organik madde, tekstür, su tutma, pH, N, Ca, Mg, K ve P analizleri yapılmıştır. Ayrıca, aynı örnekler üzerinde fumigasyon tekniği kullanılarak mikrobiyal biyokütle, mikrodestilasyon tekniği ile de azot mineralizasyonu tespitleri yapılmıştır. Toprak solunumu mevsimsel olarak 3 yıllık periyotlarda soda kireç yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Yüzeyel akış ölçümleri her bir deneme alanına kurulan 5x2 m ebatlarındaki 24 adet erozyon parselinde yürütülmüş, ölçüm ve örnek toplama işlemleri her şiddetli yağıştan sonra veya şiddetli yağış olmamışsa 15 günde bir yapılmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen bulgular incelendiğinde pH değerleri yangın sahalarında kontrol sahalarından daha fazla bulunmuştur. Benzer şekilde yanan alanlarda mineral elementlerin de artması beklenirken birkaç dönemde azalmış, çalışma genelinde yangın sonrası değişim göstermemiştir. Çalışma sonunda toprak solunumu değerleri genel ortalama olarak, kontrol sahalarında yangın sahaları ile hemen hemen aynı bulunmuştur. Ayrıca uygulanan örtü yangınında yanıcı madde miktarının az olması bu sonuçların elde edilmesinde etkili olmuş olabilir. Mikrobiyal biyokütle Karbon (MBC) ve Mikrobiyal biyokütle Azot (MBN) değerleri yangın sahalarında daha düşük bulunmuştur. Yakmanın etkisini değerlendirdiğimizde MBC ve MBN üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur. Bu değişimde düşük şiddetli yangının anlamlı etkisi olmuştur. Çalışmamızda yangının 28 aylık periyodun sonunda mikrobiyal biyokütleyi anlamlı şekilde azaltıcı etkisi ortaya konulmuştur. Azot mineralleşmesi üst toprakta yangın sahalarında kontrol sahalarından daha fazla bulunmuştur. Ancak bu değişimde yakmanın etkisi toplam amonyum mineralleşmesinde istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Nitrat mineralleşmesi ve toplam mineralleşme anlamlı şekilde artmış ve bu değişimde düşük şiddetli yangının etkisi olmuştur. Sonuç olarak bu çalışmada kontrollü yakma uygulaması sonrasında 28 aylık süreçte fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri bir veya birkaç dönemde anlamlı etkilenecek bu etkileşimde azalmış ve genel anlamda söz konusu yangının fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerine anlamlı etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır. Çevresel etmenlere hassas olan mikrobiyal biyokütlenin olumsuz etkilendiği sonucu ortaya çıkmış ve diğer toprak özelliklerinin optimum olması nedeniyle birkaç yılda kolonileşmenin kontrol alanı düzeyine ulaşabileceği sanılmaktadır. Bu sonucun nedeni olarak yangının şiddetinin veya maruz kalınan sıcaklık seviye v sürelerinin toprakta bazı kimyasal özelliklere etki etmemesi dolayısı ile diğer özellikleri de tahrik etmediği düşünülmektedir. Yangın parsellerinde meydana gelen erozyon miktarı 72.8 kg/ha/yıl iken bu değer kontrol parsellerinde 29.3 kg/ha/yıl olmuştur. Az eğimli- yangın parsellerinde ortaya çıkan erozyon, yangın şiddetine göre değerlendirildiğinde, düşük ve orta yangın şiddetinin erozyon üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmayla elde edilen sonuçlar sadece yangınların etkilerini ortaya koymakla kalmayacak aynı zamanda yangın sonrası yapılacak çalışmalara ve planlamalara da ışık tutacak ve önemli katkılar yapacaktır.
Anahtar Kelimeler:	Yangın şiddeti, toprak solunumu, mikrobiyal biyokütle, azot mineralizasyonu, toprak erozyonu
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Short term effects of prescribed fire on soil microbial biomass of black pine forests (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 2- Effects of Fire Intensity and Degrees of Slope on Surface Soil Erosion and Runoff (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 3- Nitrogen Mineralization in Burned Corsican Pine Stands (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 4- The Investigation of Forest Fire on Soil Respiration (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 5- Slope Effect on Soil Microbial Biomass in Black Pine Stands Subjected to Ground Fire (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),